





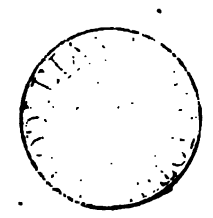
Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.



Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Gießen, 1854.
J. Ricker'sche Buchhandlung.

Einleitung zur ersten Auflage.

Ein eigener Geist weht durch die Naturforschung unserer Tage. Wer so das Leben und Treiben innerhalb des großen Bienenhauses in der Nähe ansieht, der erstaunt ob des geschäftigen Brummens, des rastlosen Eifers der Arbeitenden, wie sie Honig und Wachs von allen Seiten herzutragen, einander drängen und stoßen, oft sogar sich gegenseitig ereifern und den Platz streitig machen. Dort erobert sich Einer eine Zelle, die er allein ausbauen will; hier führen ein paar Andere gemeinschaftlich ein Stück Wabe aus; diese schwitzen als Handlanger, jene ordnen als Baumeister, und nirgends scheint noch für kommende Kräfte Raum. Und die Hälfte dieser Zellen sind schadhaft, die einen unausgebaut, die anderen verlassen, jene wieder übermäßig ausgedehnt und der Beschauer mit Loupe und Vergrößerungsglas verliert sich unter den Einzelheiten all; er weiß nicht, wohin das Gewirre und Getreibe führen soll und geht kopfschüttelnd von dannen. In einiger Entfernung aber dreht er noch einmal sich um und nun gewahrt er die künstliche Anordnung der Waben, die sinnige Benutzung des angewiesenen Platzes, die regelrechte Verfolgung eines gewissen, vorgesteckten Planes. In ähnlicher Weise treiben die Naturwissenschaften vorwärts. Anhäufung unendlichen Materials von allen Seiten her und Anerkennung

dieses Strebens nach Mehrung unserer positiven Kenntnisse bilden den wesentlichen Theil der Förderungen, welche sie erhalten; aber gewisse Zielpunkte geben sich überall kund, nach welchen man strebt, um welche man, als Centren, die Massen zu gruppiren sucht. Gerade das Aufstecken solcher Zielpunkte, das Ordnen der neu zu beginnenden Untersuchung ist es, welches das naturwissenschaftliche Streben unserer Zeit auszeichnet, und es kann nur der Ausdruck einer allgemein verbreiteten Ueberzeugung sein, wenn ein berühmter Chemiker sagt: „Jede naturwissenschaftliche Arbeit, welche einigermaßen den Stempel der Vollendung an sich trägt, läßt sich im Resultate in wenig Worten wiedergeben. Allein diese wenigen Worte sind unvergängliche Thatsachen, zu deren Auffindung zahllose Versuche und Fragen erforderlich waren; die Arbeiten selbst, die mühsamen Versuche und verwickelten Apparate fallen der Vergessenheit anheim, sobald nur die Wahrheit ermittelt ist; es sind die Leitern, die Schachte und Werkzeuge, welche nicht entbehrt werden konnten, um zu dem reichen Erzgange zu gelangen; es sind die Stollen und Luftzüge, welche die Gruben von Wassern und bösen Wettern frei halten. Eine jede, auch die kleinste Arbeit, wenn sie auf Beachtung Ansprüche macht, muß heut zu Tage diesen Charakter an sich tragen; aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen muß ein Schluß, gleichgültig, ob er viel oder wenig umfasse, gezogen werden können.“

Sind wir in der Physiologie so weit gekommen, daß wir diese Worte auch auf uns anwenden können? Haben wir die Gesetze des Lebens so weit erforscht, daß wir sagen können, wir besitzen sichere Resultate? Die Antwort auf eine solche Frage ist schwer. Bejahung könnte für Uebermuth, Verneinung für Mißachtung des Geschehenen gehalten werden.

Die Aufgabe der Physiologie ist verwickelter, als die irgend einer anderen Wissenschaft. Ist ja doch der Organismus an sich, sei er nun pflanzlich oder thierisch, und vor Allem der letztere, das Meisterstück des schöpferischen Gedankens, und seine Existenz, sein Leben nur durch das Zusammenwirken der mannichfachsten

Kräfte möglich. Die kunstreiche Anordnung des menschlichen Körpers im Aeußern wie im Innern, die Menge der verschiedenen Organe, welche wir an ihm sehen, das harmonische Ineinandergreifen seiner Muskeln, Gefäße und Nerven erscheinen noch als rohe Verhältnisse, wenn man mit dem Mikroskope in die Geheimnisse der Struktur unserer Körpertheile eindringt, wenn man die tausend und aber tausend Fäden untersucht, aus denen ein einziger Muskel, eine dünne Sehne gewebt ist, wenn die Millionen Kügelchen und Zellen der Oberhäute und Flüssigkeiten vor das erstaunte Auge treten, und in allen diesen kleinsten Theilen, deren Einzelnheiten oft selbst unsern vervollkommneten Instrumenten entgehen, eine Gesetzmäßigkeit des Baues, eine innere Zweckmäßigkeit erkannt wird, die bei dem Untersucher, der ihr gegenüber tritt, nur das Gefühl seiner Ohnmacht zurücklassen kann. Es ist wohl schon manchem begegnet, daß er kleinmüthig Messer und Loupe auf die Seite gelegt und seufzte : All unser Streben ist eitel und unser Wissen Stückwerk!

Indeß wenn auch Einzelne unter den Schwierigkeiten gebeugt werden, so sind diese doch für die Forscher im Ganzen mehr Reize zu größeren Anstrengungen. Nach allen Seiten hin sieht man sich um Hülfe in andern Wissenschaften um, und diese sind dann auch nicht karg, sie überall zu gewähren, wo sie vernünftiger Weise gefordert werden kann. Es hat der Physiologie unendlich viel Schaden gebracht, daß sie sich abschließen wollte, daß sie behauptete, das Leben kenne die Gesetze der anorganischen Natur nicht; es könne nur aus sich selbst und durch sich selbst begriffen werden. Mit solchen Ansichten war ferneren Fortschritten die Bahn abgeschnitten, denn wo man auf eine unerklärliche Thatsache, eine räthselhafte Erscheinung stieß, da war gleich die Eigenthümlichkeit der Lebenskraft, das unerforschliche Walten des organischen Lebens da, um die Wißbegierde aufzuhalten und ihr zu sagen : begnüge dich damit, daß das organische Leben nur seine eigenen Gesetze kennt. Erst seitdem man diese Richtung verlassen und angefangen hat, überall zuerst die Erscheinungen aus den analogen der anorganischen Natur zu erklären, und die

Gesetze, welche in dieser letzteren gelten, auch in den Erscheinungen des organischen Lebens aufzusuchen sich bestrebt, erst seit dieser Zeit hat die Physiologie wahrhafte Fortschritte in der Richtung gemacht, die wir oben bezeichneten. Und weit davon entfernt, in einen todten Mechanismus zu verfallen, wie man der neueren physiologischen Richtung so oft vorwarf, ist sie es gerade, welche uns zu der tiefsten Ehrerbietung vor den im organischen Reiche herrschenden schöpferischen Gedanken zwingt. Wahrlich, wenn man dem Spiele der auf so einfache Art angewendeten Kräfte seine Aufmerksamkeit widmet, wenn man sieht, wie die Gesetze, welche die Bewegung des Weltalls und seiner Gestirne regieren, auch bei unseren Bewegungen ihre Anwendung finden, wie alle Ressourcen, die nur erdacht werden können, mit unendlicher Weisheit an der Maschine des Organismus angebracht sind, dann wird man zur Verehrung des Planes hingerissen, der so folgerecht aus den einfachsten Ursachen die herrlichsten Wirkungen zu entwickeln vermag.

Diesen einfachen Kräften und ihrem Spielraume in dem Organismus nachzuspüren ist die Aufgabe der Physiologie, der Lehre vom Leben. Zu ihrer Erforschung wendet sie theils die Beobachtung, theils den Versuch an und jeder Fortschritt in den hülfreichen Doctrinen kann nicht ohne Rückwirkung auf die physiologische Wissenschaft bleiben. Der Physik entlehnt sie die Erklärung der Bewegungen, der Sinneseindrücke. Bei ihr findet sie die Gesetze des Pendels, nach welchen unsere in Bewegung gesetzten Glieder schwingen; bei ihr die Statik des Hebels, auf welcher die Erklärung der Bewegung unserer Knochen beruhen. Bei der Physik holen wir uns Rath über die mechanische Seite des Kreislaufes, über die Thätigkeit des Herzens, der Gefäße; von dort aus erhalten wir unsere Resultate über die optischen Gesetze des Auges, die akustischen Einrichtungen des Gehör- und Stimmorganes. Der Physik verdanken wir die wichtigen Thatsachen über die Anwendung des luftleeren Raumes bei der Construktion unserer Gelenke. Die Chemie öffnet noch ein weiteres Feld der Untersuchung. Verdauung und Aufsaugung, Ernährung,

Absonderung und Athmung, alle vegetativen Prozesse im Allgemeinen, welche die Erhaltung des Individuums bezwecken, alle diese Prozesse gehören dem Chemiker als gemeinschaftliches Gebiet an und können nur mit seiner Beihülfe erläutert und verstanden werden.

Den bedeutendsten Einfluß indeß hat das morphologische Studium der Organismen. Anatomie und Physiologie gehen mit einander Hand in Hand; die eine kann keinen Schritt vorwärts thun, ohne daß ihn die andere mit macht. Allein nicht blos die äußeren Verhältnisse der Lage, Gestalt und Verbindung der Theile unter einander kann dem Physiologen genügen. Der ganze Körper muß nicht nur für ihn, wie für den guten Chirurgen, durchsichtig sein, so daß er die Lage der Theile kennt, er muß den Körper auch in seinen kleinsten Theilen vergrößert vor Augen sehen, um einem jeden Blutkörperchen auf seinem Wege folgen, und einer jeden Nervenfaser in ihren Schlingenzügen nachgehen zu können. Nur wenn er auf diesem Punkte steht, nur dann kann er sich zu wirklich freier Anschauung der durch die morphologischen Verhältnisse bedingten Umstände erheben. Man hat das Mikroskop viel und oft verdächtigt; man hat auf die Streitigkeiten hingewiesen, welche bei gewissen Untersuchungen entstanden, und namentlich diejenigen, welche keinen Begriff von dem Instrumente und seiner Behandlung hatten, schrieen am ärgsten ihr Verdammungsurtheil in die Welt hinein. Und dennoch wäre ohne dies unschätzbare Instrument unsere ganze heutige Physiologie noch nicht einmal geboren, geschweige denn in fröhlichem Wachsthum. Es gibt freilich nichts Vollkommenes auf Erden; allein wenn wir falsch sehen, so liegt dies nicht an dem unschuldigen Glase, sondern an uns selbst und an unserer Interpretation des Gesehenen. Wie mancher bittere Streit ist nicht über Dinge entstanden, die nur mit den natürlichen Augen untersucht waren und wo dennoch die größten Beobachtungsfehler mit unterliefen. Sollen wir deßhalb unsere Augen als unbrauchbar ausreißen oder wegwerfen?

Nicht minderen Eifer, als das Mikroskop unter den älteren

Bekennern der Wissenschaft, haben oft die physiologischen Versuche in dem Publikum erregt und es gibt wohl wenig Universitätsstädte, wo nicht der Professor der Physiologie die Angriffe der Anti-Thierqualvereine oder ihrer stillschweigenden Verehrer auszuhalten gehabt hätte. Der physiologische Versuch ist der nothwendige Prüfstein unserer Ansichten und die Gewandtheit im Experimentiren, die ein wesentliches Bedingniß für das Gelingen des Versuches ist, wird nur durch häufige Uebung errungen. Die Anstellung von Versuchen und Vivisektionen ist demnach dem wissenschaftlich thätigen Physiologen eben so unbedingt nöthig, als dem Astronomen das Betrachten des Himmels. Freilich hat man dieses Bedürfniß an einigen Orten ins Luxuriöse getrieben; wohl mancher wird sich erinnern, gewissen Vorlesungen in Frankreichs Hauptstadt beigewohnt zü haben, wo nach der Stunde der Professor von Dutzenden verstümmelter Thierleiber umgeben war und wo die Stärke des Beweises nach der Zahl der Schlachtopfer, die er gekostet, abgeschätzt wurde. Wir haben uns glücklicher Weise in Deutschland von solchen Extremen fern gehalten und wir benützen als Herren der Schöpfung unser Recht oder Unrecht über die Thiere mit mehr Mäßigung. Nichts desto weniger erkennen wir, namentlich für die nur während des Lebens statthabenden Prozesse der Nervenwirkungen und des Blutlaufes den Versuch, die Sektion und die Untersuchung lebender Thiere als eine unentbehrliche klare Quelle unserer Kenntnisse an.

Zwar springt uns eine solche auch in der Pathologie, in der Betrachtung der krankhaften Zustände des menschlichen Körpers; — allein leider fließt sie meist nur trübe. Man sollte glauben, es sei nichts leichter, als das Ziehen klarer physiologischer Schlüsse aus den krankhaften Erscheinungen. Man beobachtet diese oder jene Abweichung von dem Normalzustande, man entdeckt, welches Organ des Körpers dabei angegriffen und verletzt ist; — was natürlicher als nun zu schließen, daß die abnorme Funktion auch dem abnormen Organe angehöre? Allein die Natur stellt ihre Experimente nicht rein an, sie greift mehre Organe zugleich an oder, wenn nur ein einzelnes vorzugsweise leidet, so

wird durch die Organisation des Körpers an sich schon das Ganze in Mitleidenschaft gezogen. Es gibt ein einziges Feld in der Physiologie, wo wir einzig und allein auf die aus der Pathologie zu entnehmenden Thatsachen angewiesen sind. Dies ist die Frage über den Zusammenhang der Gehirntheile mit den Geistesthätigkeiten; eine Frage, die man unheilvoller Weise durch die sogenannte Phrenologie ihrem wissenschaftlichen Standpunkte entrückt und in das Gebiet des Charlatanismus hinüber gepflanzt hat. Den Einfluß des Gehirnes und seiner einzelnen Theile auf die Funktionen des Körpers können wir auch an Thieren untersuchen; allein ein Hund, ein Kaninchen gibt uns keinen Aufschluß über die Veränderungen, welche in seinen geistigen Fähigkeiten vorgehen, nachdem man ihm diesen oder jenen Hirntheil weggenommen hat. Dies könnte einzig nur der Mensch und an dem darf nur die Natur allein experimentiren. Hirnkrankheiten, organische Fehler des Seelenorgans sind nicht selten, sie werden häufig von den Aerzten beobachtet; allein den Sitz der Desorganisation kann man nur an den krankhaften Erscheinungen erkennen, welche sich im Körper zeigen, an den Lähmungen der einzelnen Körpertheile, niemals an den vorkommenden Störungen der Geistesfunktionen. Wir wissen durchaus nichts Positives, absolut Nichts über die Beziehung der einzelnen Gehirntheile zu den Geistesthätigkeiten; in dem einzigen Punkte, wo die Pathologie auf sich selbst angewiesen war, hat sie nichts geleistet. Darf man sich wundern, wenn der Physiologe nur mit Mißtrauen sich ihrer bedient?

Auf solchen Stützen nun, theils wankenden, theils sicheren, ruht das Gebäude der Physiologie. Wir haben uns hier die Aufgabe gestellt es zu durchwandern. Allein schon der größeren Zimmer findet sich eine Legion; der kleinen dunkeln Kämmerchen nicht zu gedenken, die überall zerstreut sich anbauen. Sie alle zu besuchen ist eine Unmöglichkeit, noch weniger dürfen wir daran denken, den Schmuck der Zimmer, ihre mehr oder minder reiche Ausstattung, uns näher ins Auge zu fassen. Ein Menschenleben würde hiezu nicht hinreichen.

Ich habe versucht, in den nachfolgenden Briefen den Stand unserer Wissenschaft mit einzelnen skizzenartigen Zügen zu zeichnen. Nur die fester begründeten Resultate, nur die, so viel wir bis jetzt beurtheilen können, wahren Thatsachen durften hier eine Stätte finden und subjektive Ansichten mußten so viel möglich in den Hintergrund gestellt werden. Die Art und Weise der Auffassung freilich wird für einen Jeden eine andere sein; namentlich werden die aus den Thatsachen zu ziehenden allgemeinen Schlüsse über Leben und Lebenskraft stets, je nach der Individualität des darüber Nachdenkenden, bei aller Anerkennung des Thatsächlichen, oft sehr bedeutend abweichen. Es ist unsere Sache nicht, diesem Urtheile der Einzelnen vorzugreifen. Wir stehen vor dem Geschwornengerichte der öffentlichen Meinung, wo unsere Thatsachen mit mehr oder minderem Scharfsinne gewogen und abgeurtheilt werden. Freilich gelingt es manchmal durch glänzende Beredsamkeit oder andere bestechende Mittel, diese öffentliche Meinung zu gewinnen; allein lange Zeit hält solche Täuschung nicht an. Die Wissenschaft, sollte man sich auch hinter den Wällen einer todten Sprache verschanzen, bringt doch allmählig in die große Menge ein und man wird bei aufmerksamer Betrachtung stets finden, daß diese sich über alle größeren wissenschaftlichen Fragen ihre eigenthümliche unabhängige Ansicht bildet. Deßhalb habe ich auch nicht, wie es sonst wohl der Brauch ist, allgemeine Grundbegriffe und Ansichten über die Wissenschaft der Physiologie vorausschicken mögen. Daß die Physiologie sich mit dem Leben des Menschen und mit dessen Erscheinungen befaßt und zwar vorzüglich das leibliche Leben im Auge behält, dies lehrt schon die Bedeutung des Wortes; was das Leben sei und warum der Organismus lebe, das kann nicht von vornherein begriffen werden, sondern so wie das Leben erst das Resultat aller einzelnen Funktionen der Körpertheile ist, so muß auch seine Kenntniß erst aus derjenigen aller einzelnen Verrichtungen hervorgehen.

Um die Darstellung, welche für ein größeres Publikum berechnet sein sollte, so sehr als möglich im objektiven Felde

zu halten, habe ich vermieden, Namen als Gewährsmänner der Thatsachen oder Ansichten anzuführen. Die Autoritäten haben nicht mehr das Gewicht wie früher; eine Thatsache gilt heut zu Tage nicht deßhalb, weil sie von diesem oder jenem Forscher ist aufgefunden worden, sondern darum weil sie wahr ist. Was auch hätte es geholfen, wenn ich hinter jedem Satze fast eine Reihe von Namen aufgeführt? Von Bär, Ch. Bell, Burdach, Edwards, Henle, Kürschner, Liebig, J. Müller, Magendie, Purkinjé, Tiedemann, Valentin, R. Wagner — alle diese Namen klingen überall in der Wissenschaft mit, wo man auch anklopfen möge; es sind die treuen Bergleute, welche mit Mühe und Schweiß, ja mit Hintansetzung ihrer Gesundheit das reine Gold aus den Schachten der Bergwerke hervorgeholt haben. Sollen wir die große Menge darum schelten, daß sie meist erst bei der Todesnachricht sich an ihre Koryphäen der Wissenschaft erinnert, und daß sie sie unter dem Drange der Zeitumstände schneller vergißt, als diejenigen, welche unmittelbareren Einfluß auf die Weltbegebenheiten hatten? Es mag genügen, die Namen einmal genannt zu haben; — stehen sie doch in dem goldenen Buche der Wissenschaft mit unauslöschlichen Zügen.

C. V.

Zur zweiten Auflage.

Zehn Jahre sind verflossen, seit ich die Worte schrieb, welche populären Briefen über die Physiologie zur Einleitung dienen sollten, über deren Veröffentlichung die Redaktion der allgemeinen Zeitung mit mir übereingekommen war. Die Arbeit wurde zu umfangreich und die Verlagshandlung beschloß sie als eigenes Werk herauszugeben, das, wenn ich mich nicht sehr täusche, mit vielem Beifalle aufgenommen wurde. Denn schon im Jahre 1847 wurde ich zur Vorbereitung einer neuen Auflage aufgefordert, deren Erscheinen indeß sich bis jetzt durch äußere Umstände verzögerte. Die Wissenschaft hat seit dieser Zeit nach allen Richtungen hin anerkennenswerthe Fortschritte gemacht. Dieselbe Thätigkeit, deren ich oben erwähnte, setzt sich vielleicht mit noch größerer Intensität fort, da die Fragen, je weiter man ins Einzelne bringt, um so schwieriger, die Beantwortung um so verwickelter wird. Von den Trägern der Wissenschaft, die ich damals nannte, wirken noch Einige in ungeschwächter Kraft fort, Andere sind gestorben, noch Andere verdorben. Ob in Folge der allgemeinen Erscheinung der rückschreitenden Metamorphose im höheren Alter, oder durch Einwirkung geistiger Fäulniß-Erreger von außen, will ich nicht weiter untersuchen. Eine Menge neuer Kräfte sind aufgetaucht, und namentlich hat die physikalische Schule auf den beschwerlichsten Wegen oft bedeutende Strecken zurückgelegt. Jeder Schritt vorwärts, der dort mit dem Mikroskope, hier mit der Wage oder der Magnetnadel

in der Hand gethan wird, erhellt ein Stück des Dunkels, welches sich vor die geheimnißvollen Kräfte lagert, die man wie der Fürchtende die Gespenster deßhalb annimmt, weil man sie nicht sieht und nicht sehen kann.

Das Verdienst dieses Werkchens, wenn es überhaupt welches hat, kann weder in der genauen Aufzählung sämmtlicher Thatsachen, noch in der gleichmäßigen Durchdringung des Stoffes liegen. Wenn ich auch gesucht habe, so viel möglich ein Bild des Lebensprozesses im Ganzen zu geben, so mußte dieser Versuch doch deßhalb unvollkommen bleiben, weil die Voraussetzungen, die ich mir von meinem Publikum machte, dadurch weit überschritten wurden. In der ursprünglichen Naivität, in welcher ich zuerst diese Briefe schrieb, hatte ich kaum eine Ahnung davon, in welche Kreise sie eindringen würden. Ich wurde, oft zu meinem nicht geringen Erstaunen, hie und da durch Fragen belehrt, daß Mancher sich zu ihrem Verständniß abgemüht hatte, auf dessen geringere Vorkenntnisse ich wenig Rücksicht genommen. Unterdessen hat sich die Grundlage, auf welcher diese Briefe wurzeln, in größere Breite und Tiefe ausgedehnt. Die Naturwissenschaften haben in allen Zweigen Bearbeiter gefunden, welche die Wahrheiten in einfacher Sprache so darzustellen suchten, daß sie auch ohne höhere Vorbildung begriffen und anerkannt werden konnten. Man ist auf diese Weise an die Behandlung solcher wissenschaftlicher Gegenstände gewöhnt worden. Man hat sich nach und nach die Schlußfolgerungen angeeignet, welche aus den Thatsachen mit innerlicher Nothwendigkeit abgeleitet werden müssen. Man erschrickt nicht mehr, wenn diese Schlußfolgerungen zu einer Erkenntniß führen, die mit der jetzigen Welteinrichtung in schneidendem Gegensatze steht.

Die Grundsätze, welche auf der genauen Erforschung der Thatsachen und der daraus abgeleiteten Naturgesetze beruhen, haben seit dem Erscheinen der ersten Auflage keine Aenderung erlitten. Sie sind nur durch die Fülle neuen Stoffes, welcher von allen Seiten herangebracht wurde, neu gekräftigt und stärker gestützt worden. Derjenige, der sich die Mühe nehmen will,

früher und jetzt Gegebenes zu vergleichen, wird trotz gegnerischer Behauptung finden, daß Nichts in dieser Hinsicht geändert wurde; daß vielmehr das Ziel, welches schon damals gesteckt war, unverrückt dasselbe geblieben ist. Neue Streiter haben sich seither um dasselbe Banner geschaart, Manche vielleicht geweckt durch die Anregung, welche sie in diesen Briefen fanden. Wer weiter sich belehren, den Kreis der Thatsachen, auf die er fußen soll, erweitern, und sich so immer mehr in seinen Ansichten befestigen will, dem kann ich aus vollster Ueberzeugung die Werke von Moleschott in Heidelberg empfehlen. Der Leser des „Stoffwechsels", des „Kreislaufes des Lebens", der „Nahrungsmittel für das Volk" wird reiche Fülle der Thatsachen, anziehende Behandlung des Gegenstandes und strenge Folgerichtigkeit der gewonnenen Schlüsse sicherlich nicht vermissen.

So mögen denn auch diese Bogen hinauswandern und manchem Vortrefflichen nachstreben, das ihnen vorausgeeilt. Jeder trägt in seiner Weise bei zu dem Gemenge, welches, geläutert in dem Schmelztiegel des Volksbewußtseins, später als flüssiges Metall an das Licht tritt — glücklich, dessen Beitrag nicht ganz als schaumige Schlacke zurück bleibt, sondern sich sagen kann: Auch du hast deinen Antheil an ächtem Schrote und Korne.

Genf, den 1. Dezember 1853.

C. Vogt.

Erste Abtheilung.

Das vegetative Leben.





Erster Brief.

Der Kreislauf des Bluts.

Das Blut ist der Träger alles individuellen Lebens. Ohne eine Vermittlung gibt es keine Neubildung, keine Metamorphose des Bestehenden, keine regelrechte Zurückbildung des Ueberflüssigen. Gleich dem Prinzipe des Lebens selbst ist das Blut n ewigem Umschwunge, in rastloser Bewegung begriffen; — is in die entferntesten Theile des Körpers reckt sich sein Strom, berall sind ihm Bahnen aufgeschlossen, welche es nach bestimmen Gesetzen durchläuft, nach allen Seiten hin findet es Kanäle, urch welche es seine belebende Kraft den umliegenden Organheilen mittheilt und seine Bestandtheile mit den ihrigen ausauscht. Der Begriff des Kreislaufes, seine thatsächliche Existenz ind allmählig in das Volksbewußtsein übergegangen; — man pricht davon, wie wenn daran nicht gezweifelt werden könne; s ist eine jener wenigen Wahrheiten, die sich gleichsam durchefiltert haben aus den wissenschaftlichen Behältern und deren Bestand man annimmt, ohne nach dem Beweise, ohne nach den Folgen zu fragen. Wie verhalten sich die Gefäße und Kanäle, n denen das Blut kreist? Welche Kräfte sind an ihnen thätig, ind auf welche Weise wird dieser stete Umlauf bedingt? Und velche Beschaffenheit endlich zeigt das Blut selbst, welche chemische Zusammensetzung ist ihm eigenthümlich und wie läßt sich aus ll diesen Verhältnissen die Rolle erklären, welche das Gefäßystem im Organismus spielt?

Daß das Herz der Mittelpunkt des Blutkreislaufes sei, ies wissen wir Alle aus eigener Erfahrung. Von ihm aus eht ein System von Röhren nach allen Theilen des Körpers, ich immer mehr verästelnd und verzweigend, bis wir endlich mit em bloßen Auge den letzten dünnen Reiserchen nicht mehr fol-

gen können. Von diesen cylindrischen Röhren, den Blutgefäßen, lassen sich schon äußeren Kennzeichen nach zwei Arten unterscheiden. Die einen sind fest, elastisch, bleiben gleich einer Gummiröhre rund und offen, selbst wenn sie leer sind oder durchschnitten werden; das Blut strömt in ihnen von dem Herzen weg nach den peripherischen Theilen des Körpers; — diese Röhren mit centrifugaler Richtung des Blutstromes sind die Arterien oder Schlagadern. Die anderen Gefäße sind dünnwandiger, sie fallen nach der Entleerung oder Durchschneidung zusammen; das Blut strömt in ihnen von den peripherischen Theilen aus nach dem Herzen zu — wir nennen diese centripetalleitenden Kanäle die Venen oder Blutadern.

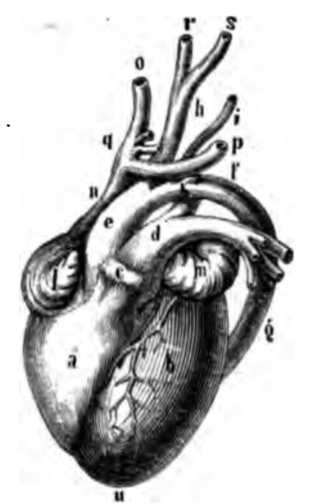


Fig. 1. Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von vorn. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c,d. Lungenschlagader. e. Aorta oder große Körperschlagader. f. Bogen der Aorta. g. Absteigende Aorta. h. Gemeinschaftlicher Stamm der r. rechten Schlüsselbein- und s. rechten Halsarterie. i. Linke Halsarterie. k. Anfang der nicht weiter gezeichneten linken Schlüsselbeinarterie. l. Rechte Vorkammer. m. Linke Vorkammer. n. Obere Hohlvene. q, o. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. p. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. u. Spitze des Herzens.

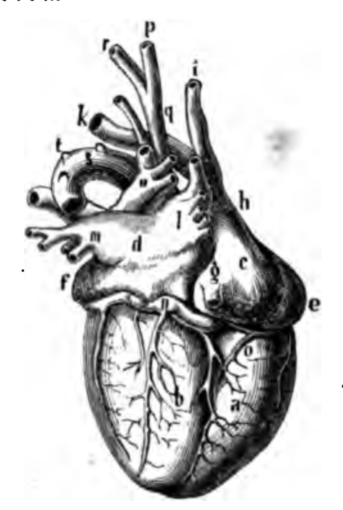


Fig. 2. Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von hinten. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c. Rechte Vorkammer. d. Linke Vorkammer. e. Rechtes Herzohr. f. Linkes Herzohr. g. Untere Hohlvene. h. Obere Hohlvene. i. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. k. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. l. Rechte Lungenvene. m. Linke Lungenvene. n. Kranzvene des Herzens. o. Kranzarterie des Herzens. q. Gemeinschaftlicher Stamm der p. rechten Schlüsselbein- und r. rechten Halsarterie (Carotis). s. Bogen der Aorta. t. Ursprung der linken Schlüsselbeinarterie. u. Lungenarterie.

Das Herz selbst ist ein hohler Muskel; ein nach unten zugespitzter Beutel mit dicken Wänden, die aus Muskelfasern gewoben sind, welche durch ihre Zusammenziehung den Beutel verengern und die darin enthaltene Flüssigkeit auspressen können. Eine innere Scheidewand theilt der Länge nach diesen Beutel in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, und jede dieser Hälften ist wieder durch eine durchbrochene Querscheidewand in zwei Abtheilungen getheilt, welche mit einander durch die Oeffnungen der Querscheidewand in Communikation stehen. — Die Längsscheidewand zeigt keine solche Communikationsöffnung; zwischen rechter und linker Herzhälfte besteht keine Verbindung; das Blut in der einen kann sich nie mit demjenigen der andern Hälfte vermischen. Auf diese Weise ist das Herz in vier Abtheilungen zertheilt, deren jede mit Blutgefäßen in Communikation steht, die einen mit den zuführenden Venen, die anderen mit den wegführenden Arterien. Die ersteren heißen die Vorkammern oder Atrien, ihre Muskelwände sind gleich den Wänden der Venen schwächer, ihr Lumen größer als das der Kammern oder Ventrikel, welche sich durch starke Muskelschichten auszeichnen. Jede Herzhälfte hat demnach einen Vorhof und eine Kammer, welche mit einander durch weite Oeffnungen in der Querscheidewand, durch die sogenannten Atrioventrikularöffnungen in Verbindung stehen. Schon aus der Natur der einmündenden Gefäße kann man schließen, daß der Weg, welchen das Blut im Herzen nimmt, aus den Venen in die Vorkammern, von dort in die Kammern und aus diesen durch die Arterien hinausgeht. Die relative Muskelschwäche der Vorhöfe erklärt sich ebenfalls schon aus diesem Umstande; — sie haben das in ihnen angesammelte, von der Peripherie kommende Blut durch ihre Zusammenziehung nur in die Kammern zu treiben, wozu bei der Kürze des Wegs und der Weite der Communikationsöffnung gerade keine bedeutende Kraft gehört; während hingegen die Kammern einer bedeutenden Kraftentwicklung bedürfen, um ihre Blutmenge durch die engen Kanäle der Arterien

bis in die entferntesten Gebiete ihrer beiderseitigen Blutbahnen zu treiben. Die Richtung des Blutstromes im Herzen wird durch ein äußerst sinnreiches System häutiger Klappen bestimmt, welches namentlich in den Kammern in großer Vollkommenheit entwickelt ist. Jede Herzabtheilung hat natürlich zwei Oeffnungen, eine, wodurch sie mit den Gefäßen, eine andere, wodurch sie mit der anderen Herzabtheilung derselben Seite zusammenhängt; ohne Klappen würde bei der Zusammenziehung das Blut aus beiden Oeffnungen hinausgepreßt werden. An der Oeffnung zwischen je zwei Herzabtheilungen aber befindet sich eine solche Klappe, wie ein Segel aus mehreren Zipfeln gebildet, deren Stellung in der Art angeordnet ist, daß dem aus der Vorkammer her gepreßten Blute die Klappe sich weit öffnet, während sie im Momente sich schließt, wo die Kammer sich zusammenzieht und das Blut gegen die Klappe antreibt.



Fig. 3.

Das rechte Herz, aufgeschnitten und ausgebreitet. a. Obere Hohlvene. b. Untere Hohlvene. c. Zwischenwand zwischen ihren Mündungen d. Vorkammerwandung. e. Mündungen der kleinen Herzblutadern. f. Herzohr. g. Untere Hohlvenenmündung. h. Lower'scher Wulst. k, l, m. die drei Zipfel der Klappe. n. Warzenmuskeln. o. Scheidewand gegen die linke Kammer. p. Oeffnung der Lungenschlagader. q. Balkenmuskeln. r, t. Kammerwandung. s. Lungenschlagader.

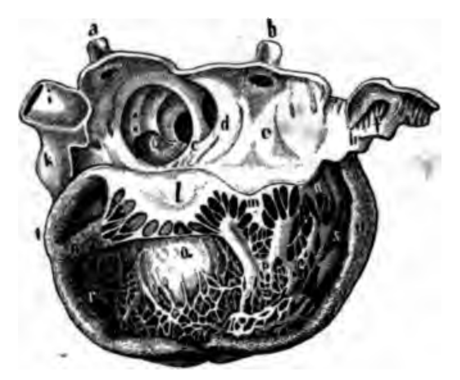


Fig. 4.

Das linke Herz ebenso behandelt. a, b. Linke Lungenvenen. c, d. Oeffnungen der rechten Lungenvenen. e. Scheidewand gegen die rechte Vorkammer. f. Herzohr. g. Ueberrest des eirunden Loches. h, i, k. Aufgeschnittene und zurückgeschlagene Theile der Vorkammerwand. l, m, n. Zipfel der Bischofsklappe. o, p. Warzenmuskeln. q. Scheidewand gegen die rechte Kammer. r, s. Fleischballen. t, u. Kammerwandung.

Die Segelklappe in der rechten Herzhälfte zwischen Vorkammer und Kammer heißt die dreizipfelige Klappe, die in der linken Herzhälfte gelegene die zweizipfelige oder Bischofsklappe — beide bestehen aus dünnen Sehnenhäuten, an welche sich, an der Seite nach der Kammer zu, feine, oft bogenförmig geschlungene Sehnenfasern ansetzen, die von den Kammerwänden selbst ausgehen und mit Warzenmuskeln zusammenhängen, welche in die freie Herzhöhle hineinragen. Bei der Zusammenziehung der Kammern ziehen sich auch diese Warzenmuskeln zusammen, spannen durch ihre Sehnen wie durch Zugseile die häutigen Segel und beschleunigen so den Schluß derselben. Die freien Ränder der Segel rollen sich dann auf, legen sich an einander und schließen schon bei dem geringsten Drucke von der Kammer her die Oeffnung vollkommen — während sie im Augenblicke, wo dieser Druck nachläßt, sich öffnen und die Blutwelle vom Vorhofe her einströmen lassen. — Noch einfacher sind die Klappen an den Ursprüngen der beiden Hauptarterien, der Lungenschlagader und der Aorta. Hier finden sich die sogenannten halbmondförmigen Klappen, je drei Taschen-

ventile aus dünner Sehnenhaut mit freiem geradem Rande und bogenförmig angewachsener Basis. Der Bogenrand schaut nach dem Herzen, der freie Rand nach der Peripherie hin, die Ventile liegen an der Arterienwand an, wie die Taschen eines Kutschenschlages. Der aus den Kammern hervorgetriebene Blutstrom läuft vom angewachsenen gegen den freien Rand des Ventiles hin; er drückt also dieses an die Arterienwand an und rauscht ungehindert darüber weg. Der Rückprall der Blutwelle gegen die Kammer hin fängt sich in dem freien Rande, stellt das Ventil auf und schließt es, indem die Ränder der drei Klappen genau an einander passen.

Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß es nur eines äußerst geringen Druckes bedarf, um die erwähnten Klappen zu stellen und zwar so zu stellen, daß sie auch nicht einen Tropfen Flüssigkeit durchlassen und vollkommen hermetisch schließen. Jeder kann sich davon leicht an dem Herzen eines frisch geschlachteten Thieres überzeugen. Man braucht nur Wasser aus einem Topfe in eine der großen Schlagadern zu gießen. Die geringe Kraft des Wasserstrahles reicht hin, die halbmondförmigen Klappen so zu schließen, daß auch nicht ein Tropfen Wasser in die Kammer gelangt. Führt man durch die Arterien eine Röhre ein und gießt Wasser in die Kammer, so kann man, bei aufgeschnittenen Vorhöfen, den Schluß der Segelklappen an den Kammeröffnungen beobachten. Viele unheilbare Herzkrankheiten beruhen auf krankhafter Veränderung der Segelklappen oder der Taschenventile, wodurch das Spiel derselben gehemmt, ihr Schluß unvollkommen und der Kreislauf unregelmäßig gemacht wird. Bei Veränderung der Segelklappen stürzt ein Theil des in der Kammer befindlichen Blutes, statt durch die Schlagadern ausgetrieben zu werden, in die Vorkammer zurück; bei unzureichendem Schluß der Taschenventile fließt das in die Schlagadern getriebene Blut wieder in die Kammer zurück.

So vollkommen die genannten Klappeneinrichtungen an den Mündungen der Kammern sind, so unvollkommen sind die

Vorrichtungen an den Einmündungen der Venen in die Vorhöfe. Ringmuskeln, welche die Einmündungsstellen durch Zusammenziehung verengen, Vorsprünge und Faltensäume sind zwar hier angebracht, aber nicht in so vollständiger Weise ausgebildet, um, wie bei den Kammern, den Rückprall des Blutes bei der Zusammenziehung gänzlich zu verhindern. Die Klappenvorrichtungen an beiden Oeffnungen der Kammern genügen indessen schon, um aus dem Herzen ein hydrostatisches Druckwerk mit Ventilen zu machen, welche dem Blutstrom die gehörige Richtung anweisen. So genau sind alle Kräfte an dieser wunderbaren Maschine berechnet, so harmonisch ihr Zusammenwirken, daß die geringsten Fehler an den Klappen schon Unordnungen des Auslaufes erzeugen, indem der vollkommene Schluß nicht mehr erzielt werden kann, während bei vollkommener Bildung der Klappen bis zu dem letzten matten Herzschlage noch Kraft genug im Herzen vorhanden ist, um die Klappen gehörig zu stellen und so dem Blutstrom seine Richtung anzuweisen. Denn man bedenke wohl, daß das Herz ohne Klappen nur eine bewegende Maschine sein würde, welche das Blut aus allen seinen Oeffnungen hinaustreiben, nicht aber in einer stets bestimmten Richtung einseitig forttreiben würde und daß nur die in rein mechanischer Weise angebrachten und spielenden Klappen es sind, welche die Richtung bestimmen und somit den Kreislauf und mit ihm das Leben ermöglichen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß stets die gleichnamigen Abtheilungen beider Herzhälften sich in demselben Zeitmomente zusammenziehen, daß die beiden Vorkammern sich contrahiren, während die Kammern sich ausdehnen, und daß hernach die Zusammenziehung beider Kammern mit gleichzeitiger Ausdehnung der Vorkammern verbunden ist. Bei der Zusammenziehung oder Systole der Kammern hebt sich die Herzspitze, indem sie sich zugleich etwas um ihre Achse dreht und gegen die Brustwand anschlägt, während sie bei der Ausdehnung oder Diastole der Kammern wieder in ihre vorige Lage zurücksinkt. Diese stete Ortsveränderung des Herzens wird dadurch möglich,

daß es, ohne weitere Befestigung als die durch die eintretenden Blutgefäße bedingte, frei in einem weiten Sacke mit glatten Wänden, dem Herzbeutel, aufgehängt ist.

Jeder Herzschlag, den wir fühlen, ist demnach aus zwei Tempo's zusammengesetzt: der Erweiterung oder Diastole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern zusammenziehen, und der Zusammenziehung oder Systole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern ausdehnen. Bei der Kammersystole sind die Arterienklappen geöffnet und die Klappen an den Atrioventrikularöffnungen geschlossen, so daß das Blut in die Arterien eingetrieben wird, während ihm der Rückweg in die Vorhöfe verschlossen ist; zugleich sind die Vorhöfe weit ausgedehnt und das von außen her kommende Blut strömt in die Vorhöfe ein. Unsere schematische Figur 5, S. 26 ist auf diesen Augenblick der Herzthätigkeit hin gezeichnet. Bei der Vorkammersystole schließen sich die Venenöffnungen so weit als möglich, um den Rückprall des Blutes in dieser Richtung zu verhüten, während die Atrioventrikularöffnungen sich aufthun, das Blut in die Kammern einzulassen und die Arterienklappen sich schließen, und dem Rückstrom des Blutes in die Kammer, welche sich ausdehnt, Widerstand leisten.

Die Zusammenziehung der Kammern wie der Vorkammern ist mit besonderer Tonentwicklung verbunden. Man braucht das Ohr nur an die Herzgegend eines lebenden Menschen oder Thieres anzulegen, um diese Herztöne zu hören. Der erste Herzton bildet ein längeres, dumpfes, strömendes Rauschen, er fällt mit der Kammersystole zusammen; der zweite Herzton folgt unmittelbar auf den ersten und ist kurz, hell, klappend, er bezeichnet den Anfang der Zusammenziehung der Vorhöfe. Während des dumpfen Rauschens des ersten Herztones schlägt das Herz an die Brustwand an, und in normalem Zustande ist es nicht möglich, einen Zeitintervall zwischen dem Anschlagen des Herzens und dem ersten Tone zu finden. Die Entdeckung dieser Hörbarkeit der Herztöne und ihrer äußerst mannichfachen Veränderungen bei organischen Krankheiten des Herzens bezeichnet

eine neue Epoche in der Geschichte der Medizin. Das Verhältniß der Töne zu den Herzbewegungen und ihre physikalische Ursache aufzuklären, hat man die mannichfachste Mühe verwendet und es ist kein Theil des Herzens, dem man nicht einige oder alle Mithülfe an ihrer Entstehung zuwenden wollte. Die Zusammenziehung der Muskelfasern des Herzens, das Einschießen der Blutwellen in die geöffneten Herzräume, die Reibung derselben an den Herzwänden, alle diese Momente wurden, aber vergebens, zu Hülfe genommen. Jetzt scheint man sich endlich dahin verständigt zu haben, daß die Herztöne Klappentöne sind, daß sie vom Anschlagen der Blutwellen an die sich stellenden Klappen herrühren und daß ihre Verschiedenheit eben in der verschiedenen Größe und Anordnung der Klappen besteht. Der erste länger gehaltene dumpfe Ton würde die Schließung der großen, segelförmigen Klappen der Atrioventrikularöffnungen, der zweite diejenige der kleineren taschenförmigen Arterienventile bezeichnen.

Verfolgen wir nun die allgemeine Bahn des Kreislaufes, indem wir von der linken Kammer aus dem Strome des Blutes nachgehen. Durch eine mit halbmondförmigen Taschenventilen besetzte Oeffnung tritt das Blut in die große Körperschlagader, die Aorta, ein, und vertheilt sich durch alle Aeste und Zweige derselben in alle Theile des Körpers.

In unsrer schematischen Figur (Fig. 5, S. 26) haben wir diesen Körperstrom dargestellt, wie wenn er sich in zwei Ströme theilte, einen (b) für die obere, einen anderen (d) für die untere Körperhälfte — der eine versorgt Kopf, Hals und Arme, der andere den Rumpf und die unteren Extremitäten mit Blut. In der Natur ist diese Theilung nicht vollkommen streng durchgeführt, wenn auch die großen Halsschlagadern (Carotiden) wesentlich den Kopf, die Schlüsselbeinadern (Subclaviae) die Arme, und die untere Aorta den übrigen Körper durch ihre Aeste, Zweige und Zweiglein versorgen.

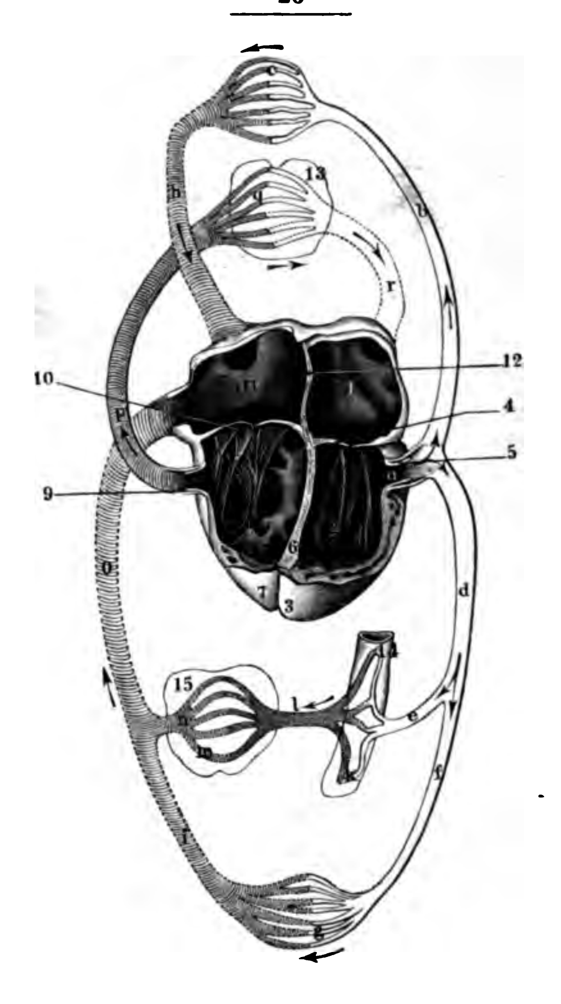


Fig. 5.

Schematische Darstellung des Blutkreislaufes. Das Herz ist der Länge nach durch einen quer auf die Scheidewand geführten Schnitt geöffnet, um die inneren Höhlen und Klappen zu zeigen, und zwar sind diese letzteren in der Stellung gezeichnet, welche sie bei der beginnenden Zusammenziehung der Kammern (Systole) einnehmen. Die zwischen den Kammern und den Vorhöfen angebrachten Segelklappen sind also geschlossen, die halbmondförmigen Klappen der großen Arterien aber geöffnet. Die Haargefäßsysteme sind durch einfache Verästelungen angezeigt; alle zum

Herzen führenden Gefäße (Venen) mit punktirten Linien, dagegen alle vom Herzen wegführenden Gefäße (Arterien) mit zusammenhängenden Contourlinien bezeichnet; kleine Pfeile zeigen die Richtung der Blutströmung. Diejenigen Gefäße, welche dunkles Blut führen und mit der rechten Herzhälfte in Verbindung stehen, (Körpervenen und Lungenarterien) sind quer schraffirt; die Gefäße des Pfortadersystems schwarz schattirt; die helles Blut führenden Gefäße (Lungenvenen und Körperarterien) sind unschraffirt gelassen.

1. Linker Vorhof. 2. Höhle der linken Kammer, die Sehnen und Warzenmuskeln zeigend, die sich an die Lappen der Segelklappe (4) ansetzen. 3. Spitze des Herzens. 4. Zweizipfelige Klappe (Valvula mitralis). 5. Halbmondförmige Klappen (V. semilunares) der Aorta. 6. Scheidewand der Kammern. 7. Spitze der rechten Kammer. 8. Höhlung der rechten Kammer. 9. Halbmondförmige Klappen der Lungenarterie. 10. Dreizipfelige Klappe (Valvula tricuspidalis). 11. Rechter Vorhof. 12. Scheidewand der Vorhöfe. 13. Lunge. 14. Darm. 15. Leber.

a. Arterieller Körperstrom (Aorta). b. Arterieller Strom für den Oberkörper. c. Capillarsystem des Oberkörpers. d. Arterieller Strom für den Unterkörper. e. Arterieller Strom für die Verdauungsorgane. f. Arterieller Strom für die untere Körperhälfte. g. Capillarsystem des Unterkörpers. h. Venöser Strom vom Oberkörper (Obere Hohlvene). i. Venöser Strom vom Unterkörper. k. Capillarsystem der Verdauungsorgane. l. Pfortader. m. Capillarsystem der Leber. n. Lebervenen. o. Untere Hohlvene. p. Lungenarterie. q. Capillarsystem der Lungen. r. Lungenvene.

So fein werden die letzten Aeste der Arterien, daß sie nur noch unter dem Mikroskop unterscheidbar sind. In diesem Zustande bilden sie Netze, welche alle Organe durchstricken. Die Inseln von Organsubstanz, welche bei einigen Geweben, wie z. B. in der Lunge oder der Leber, zwischen diesen feinen Maschen der Capillargefäße oder Haargefäße zurück bleiben, sind oft so klein und unbedeutend, daß bei manchen älteren Anatomen namentlich der Glaube verbreitet war, die Gewebe des Körpers beständen nur aus diesen letzten Zweigen der Blutgefäße. In jedem Organe des Körpers sind diese Haargefäßnetze anders gestaltet, je nach der Natur des Organes; anders in den Muskeln, anders in den Eingeweiden, anders in der Haut oder in den Knochen. Je lebhafter der Umsatz in einem Organe, desto enger und gedrängter sind auch die Netze, desto geringer die Inseln von Substanz, welche zwischen den Rinnen der Haargefäße zurückbleiben. Nur sehr wenige Organe, wie

z. B. die Oberhaut und die Haare, entbehren ihrer gänzlich. Aus diesen Maschennetzen nun sammeln sich allmählig wieder kleinere Stämmchen, welche unter einander zusammen münden, größere Zweige und Aeste und endlich zwei Hauptvenenstämme bilden, die obere und untere Hohlvene, welche sich in den rechten Vorhof einsenken und somit alles von der linken Kammer aus durch den Körper vertheilte Blut wieder in das Herz, aber in die rechte Herzhälfte, zurückführen. Man hat diese Sektion des Kreislaufes, von der linken Kammer aus durch die Haargefäße des Körpers und zurück in den rechten Vorhof, den großen oder Körperkreislauf genannt, und wie leicht einzusehen und zu beweisen ist, hängt die Bewegung des Blutes in dieser Bahn einzig und allein von den Zusammenziehungen der linken Kammer ab. In dem rechten Vorhofe angelangt erhält das Blut einen neuen Impuls, es strömt in die rechte Kammer und wird aus dieser in die Lungenarterie getrieben. Die Lungenarterie vertheilt sich in den Lungen in feine Capillaren, welche sich wieder zu Venen sammeln und endlich durch die großen Stämme der Lungenvenen in den linken Vorhof einmünden. Aus diesem wird dann das Blut in die linke Kammer gepreßt, von welcher aus es von neuem seine Bahn beginnt. Man hat diesen Abschnitt des Kreislaufes aus der rechten Kammer durch die Lungen in die linke Vorkammer den kleinen oder Lungenkreislauf genannt.

Während eines einmaligen Umschwunges durch seine Bahn läuft das Blut demnach zweimal durch das Herz, einmal, indem es aus dem großen Kreislaufe zurückkehrend durch das rechte Herz streicht, um von da aus nach den Lungen getrieben zu werden, das zweite Mal, wenn es aus den Lungen in das linke Herz und durch dieses in den Körper sich begibt. Zu einem jeden Kreislaufe gehört eine ungleichnamige Abtheilung verschiedener Herzhälften, zum großen linke Kammer und rechter Vorhof, zum kleinen rechte Kammer und linker Vorhof, und die Vermittlung zwischen den beiden im Herzen selbst so streng geschiedenen Herzhälften geschieht nur durch die Capillarsysteme

des Körpers einerseits und durch die Haargefäße der Lungen andererseits. Jede Hälfte eines Kreislaufes bildet gleichsam einen Baum, als dessen Stamm das aus dem Herzen entspringende Gefäß anzusehen ist, während die Krone mit den vielen tausend Zweiglein in den Capillarsystemen repräsentirt ist. Das arterielle, von der linken Kammer und der Aorta ausgehende System bildet einen solchen Baum, dessen Zweige in den Körpercapillaren unmittelbar in die Wurzeln des Körpervenenbaumes übergehen; ja, wenn man die Vergleichung noch weiter treiben wollte, so würde sich der Stamm des in den Körpercapillaren zusammengesetzten venösen Baumes durch die Hohlvenen in das rechte Herz fortsetzen und in den Lungen sich verästelnd, seine Krone bilden, während hier, in den Capillaren der Lungen, der Körperarterienbaum entspränge, seine Wurzeln in den Lungenvenen sammelte und als Stamm durch das linke Herz ziehend seine Krone in den Körpercapillaren bildete. Wie man sich auch die Sache vorstellen mag, zu jeder Hälfte des Kreislaufes gehören zwei centrale Herzabtheilungen, ein peripherisches Capillarsystem und ein System ausführender und rückführender Kanäle (Arterien und Venen); der große Kreislauf hat seine linke Kammer, seinen rechten Vorhof, seine Körperarterien und Körpervenen; der Lungenkreislauf seine rechte Kammer, seinen linken Vorhof, seine Lungenarterien und Lungenvenen.

Einer besonderen Erwähnung ist noch das sogenannte Pfortadersystem werth, welches gleichsam ein Einschiebsel in den großen Kreislauf bildet. Der untere Körperstrom der Aorta versorgt nicht nur Rumpf und Beine, sondern auch die Eingeweide der Bauchhöhle und namentlich den Darmkanal und seine Anhänge mit arteriellen Gefäßen. Diese verzweigen sich und bilden Capillarnetze, aus denen Darmvenen sich zusammensetzen, welche endlich alle in eine große Vene, die Pfortader, sich vereinigen. Wäre die Anordnung wie an den übrigen Organen, so würde die Pfortader ihr Blut unmittelbar in eine Hohlvene ergießen und so es direkt dem rechten Vorhofe zuführen.

Dies ist aber nicht der Fall. Die Pfortader tritt in die Leber ein, und bildet in dieser Capillarnetze ganz wie eine Arterie — aus diesen Haargefäßen der Leber sammeln sich erst wieder die Lebervenen (n), welche das Blut in die Hohlvene und durch diese in das Herz ergießen. Während also im ganzen übrigen Körper das Blut stets nur ein Capillarsystem durchläuft, bevor es wieder in einer Herzabtheilung einen neuen Impuls erhält, durchströmt das den Darm speisende Blut zwei Capillarsysteme, das des Darmes und das der Leber, zwischen welchen keine bewegende Kraft angebracht ist, und kehrt dann erst wieder in das Herz zurück. Wir werden später sehen, daß diese eigenthümliche Anordnung des Darm- und Leber-Kreislaufes oder des Pfortadersystemes, die allen Wirbelthieren bis zu den Fischen herab eigen ist, in einer ganz besonderen Beziehung zu der Ernährung des Körpers überhaupt steht.

Die Capillarsysteme sind, wie wir später beweisen werden, der Sitz der chemischen und physikalischen Veränderungen der Blutmasse. In den Capillaren geht der Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Aufsaugung vor sich, und dieser wechselseitige Austausch von Stoffen in den Capillaren zwischen der Blutmasse und den umgebenden Organtheilen muß nothwendig eine gewisse Rückwirkung auf Farbe und Zusammensetzung des Blutes haben. In den Capillaren des Körpers wird das Blut dunkel, es erhält eine bläulich-violette Farbe; in den Capillaren der Lunge wird es hellroth, schäumend. Der Durchgang des Blutes durch das Herz verändert seine Constitution durchaus nicht; das Herz hat nur eine rein mechanische Beziehung zu dem Blute, es theilt ihm durch seine Zusammenziehung nur die Bewegung mit. Wenn demnach der Durchgang durch Capillaren das Blut ändert, derjenige durch das Herz aber nicht, so müssen die ungleichnamigen Gefäße der beiden Kreislaufhälften gleichartiges, die beiden Herzhälften verschiedenartiges Blut führen. Die Lungenvenen führen hellrothes Blut, dieses durchläuft das linke Herz und wird, ohne verändert zu werden, in den Körperarterien

tier geschafft; — in den Körpercapillaren wird das Blut
nkel, blau, und bleibt so durch die Venen, das rechte Herz
d die Lungenarterien hindurch bis in die Lungencapillaren,
o es wieder hellroth wird. Man hat das hellrothe Blut
ch arterielles, das blaurothe venöses Blut und demnach die
ke Herzhälfte das Arterienherz, die rechte das Venenherz
nannt; es folgt aus diesen Benennungen leider eine große
rwirrung, denn die Lungenarterien führen blaurothes, venöses
lut, die Lungenvenen hellrothes, arterielles. Ich weiß mich
ch gar wohl zu erinnern, wie sehr mir diese fatalen Be-
nnungen eine klare Anschauung des Kreislaufes behinderten;
werde sie hier nicht anwenden, und nur von dunklem und
lrothem Blute, von dunkler und heller oder rechter und
ker Herzhälfte sprechen.

Die ganze hydraulische Anordnung des Gefäßsystemes mit
m Herzen entspricht den Anforderungen, welche an ein solches
öhrensystem gemacht werden können, auf das Vollkommenste.
hon in dem Herzen selbst ist keine Kraft unnöthig verschwendet;
die Kammerwandungen sind ihrer Dicke und Muskelmasse
ch genau der Bahn angemessen, durch welche sie das Blut
durchtreiben sollen. Die linke Kammer, welche die gesammte
lutmasse durch alle Arterien, Capillaren und Venen des
rpers, ja sogar theilweise, in dem Pfortadersysteme, durch zwei
apillarsysteme bis in die rechte Vorkammer treiben muß, ist
e stärkste an Muskelschichten, und dem Gewichte, wie dem
olumen nach, ist ihre Muskelmasse genau doppelt so groß, als
jenige der rechten Kammer, welche nur auf weit kleinerer
ahn durch die Lungen ihre forttreibende Kraft ausübt, und
ßhalb auch weit dünnere contraktile Wände besitzt. Trotz
ser so einfachen und leicht ersichtlichen Verhältnisse aber hat
n sich von frühen Zeiten her bestrebt, dem Blute als solchem
nen Antheil an der Bewegung zukommen zu lassen. Es wider-
ebte der Ueberzeugung vom Leben des Blutes, wenn man
eder auf der anderen Seite annehmen sollte, daß es sich der
erzthätigkeit gegenüber nur wie eine jede andere todte Flüssig-

keit verhalte, und man vergaß, daß alle Bewegung auf Erden, mag sie nun Organismen angehören oder nicht, denselben physikalischen Gesetzen gehorcht, und daß der Knochen nicht minder lebt, wenn er gleich von den Muskeln wie jeder andere leblose Hebelarm hin- und hergezogen wird. Es kann meine Aufgabe nicht sein, hier alle jene veralteten Hypothesen von einer eigenen Propulsivkraft, die dem Blute inwohnen sollte, von einer freien Bewegung der Blutkörperchen, von einer Wiederholung des Planetenlaufes in der Blutbahn zu widerlegen; der Versuch, die Rechnung und die Anwendung rein physikalischer Untersuchungsmethoden haben mit mathematischer Gewißheit dargethan, daß alle Blutbewegung lediglich und allein von der Herzthätigkeit abhängt, daß die bewegende Kraft einzig in dem Herzen liegt und die Strömung ganz auf dieselbe Weise in den Gefäßen geschieht, ob nun Blut oder eine andere ähnlich zusammengesetzte Flüssigkeit darin kreise.

Mit jeder Zusammenziehung treibt das Herz eine gewisse Blutmenge aus den Kammern in die Arterien hinaus. Die Arterien sind aus elastischen Fasern gesponnene Röhren, der Stoß der Blutwelle dehnt mithin ihr Lumen aus. Ihre eigene Elasticität aber, sowie der momentane Nachlaß des Stoßes während der Kammerdiastole, bedingen einen Widerstand gegen diese passive Ausdehnung; — die Arterie zieht sich auf ihr früheres Volumen zusammen. Nun neue Kammersystole, neuer Stoß, neue Welle, abermalige Ausdehnung des Gefäßes, der ein erneuter Widerstand der elastischen Gefäßwände, eine zweite Zusammenziehung folgt. Dies beständige Heben und Senken der Arterienwandungen, der abwechselnde Rhythmus der Blutwellen bedingt die Erscheinung des Pulses; jenes Orakels, das man bei allen Krankheiten um Rath fragt. Drei Momente kommen demnach bei dem Pulse hauptsächlich in Betracht: die Kraft des Herzstoßes, die Größe der Blutwelle und der Grad der Elasticität der Arterien, wodurch eine mehr oder minder bedeutende Energie des Widerstandes ihrer Wandungen bedingt wird. Aus diesen drei Faktoren setzen sich alle jene verschiedenen

Modifikationen des Pulses zusammen, welche der Arzt zu beobachten und in seinen Diagnosen zu benutzen hat. Die Zahl und der Rhythmus des Pulses hängen von der Herzthätigkeit, seine Völle oder Leere von der Größe der Blutwelle und der Gesammtmenge des Blutes überhaupt, seine Härte oder Weichheit endlich von dem Contraktionszustande der Arterienhäute ab. Man weiß aus Erfahrung, daß die scheinbar heterogensten Eigenschaften des Pulses sich vereinigen können, daß ein voller Puls zugleich weich sein kann, wenn ein lähmungsartiger Zustand der Arterienhäute die thätige Contraktion der Fasern hemmt, oder daß bei kleinem, kaum fühlbarem Pulse derselbe doch hart ist, weil durch Krampf die elastischen Fasern zusammengezogen sind. Man sieht leicht ein, daß bei dem innigen Zusammenhange der Herzbewegung mit dem centralen Nervensystem, bei der genauen Verknüpfung der Blutbereitung, Verdauung und Ernährung mit der Menge des Blutes und der Abhängigkeit der Gefäßcontraktion von dem peripherischen Nervensystem und von den äußeren Eingüssen, der Puls die mannichfachsten krankhaften Erscheinungen in sich reflektiren kann.

Nicht bloß krankhafte Zustände aber, auch normale Einflüsse bedingen die größten Verschiedenheiten des Pulses je nach Alter, Geschlecht und Größe der Individuen. Im Allgemeinen steht der Satz fest, daß die Zahl der Pulsschläge im umgekehrten Verhältnisse zu der Körpermasse steht. So hat ein neugebornes Kind im Durchschnitt 130—140 Pulsschläge, ein erwachsenes Individuum zwischen 20—50 Jahren etwa 70, ein Greis etwa 80 Pulsschläge in der Minute. Eben so einflußreich ist der Athmungsprozeß. Je lebhafter die Respiration, desto zahlreicher auch die Pulsschläge, desto kräftiger die Zusammenziehungen des Herzens. Auch die Körperstellung hat Einfluß. Im Stehen ist der Puls zahlreicher als im Sitzen, hier wieder beschleunigter als im Liegen.

Mit jedem Pulsschlage wird eine gewisse Quantität Blut aus dem Herzen in die Arterien hinausgetrieben, und zwar muß diese Menge Blutes mit der Capacität der Herzhöhlen im ge-

nauesten Verhältnisse stehen. Die Herzkammer kann begreiflicher Weise nicht mehr Blut auspressen als sie enthalten kann, und was sie bei der Diastole aufnimmt, das treibt sie auch fast vollständig wieder aus. Kennt man nun die Capacität der Herzhöhlen und die Quantität der in dem Körper überhaupt vorhandenen Blutmenge, so läßt sich leicht berechnen, in wie viel Zeit die gesammte Blutmenge durch das Herz gehen muß, oder mit anderen Worten, wie viel Zeit zu einem vollständigen Umschwunge der gesammten Blutmenge gehöre. Nun ist aber leider die Bestimmung der Blutmenge eines Individuums eine äußerst schwierige Aufgabe. Das Verblutenlassen führt nicht zum Ziele. Das Leben endet durch die Lähmung des Gehirnes und des Herzens schon lange bevor sämmtliches Blut aus den Gefäßen ausgeflossen ist und es bleibt stets eine Menge davon in den Haargefäßen zurück, welche nicht bestimmt werden kann und die um so größer ausfällt, je bedeutender die Körpermasse selbst ist. Die sicherste Methode, welche man bis jetzt anwenden konnte, besteht in der Berechnung der Blutmasse aus der Verminderung des specifischen Gewichtes, die es durch Zufügung reinen Wassers erleidet. Man entzieht einem Thiere eine bestimmte Quantität Blut (so viel als ohne Störung geschehen kann) und bestimmt genau dessen specifisches Gewicht, so wie die Menge fester Stoffe, die es enthält. Nun sprützt man, was ohne Gefahr geschehen kann, destillirtes Wasser in bestimmter Menge in die Adern, wartet einige Minuten, bis dieses durch den Kreislauf mit der Blutmenge gemischt ist, und entzieht dann aufs Neue von dem nun verdünnten Blute eine bestimmte Menge, an der man specifisches Gewicht und festen Stoffgehalt bestimmt. Aus der Vergleichung der erhaltenen Werthe beim unverdünnten und beim verdünnten Blute läßt sich nun die Blutmenge des Thieres bestimmen. — Die Fehlerquellen dieser Methode liegen darin, daß die Gefäße keine todten Röhren sind, die nicht abgeben und aufnehmen, sondern daß im Gegentheile unmittelbar nach dem Aderlasse überall wässerige Flüssigkeit im Körper aufgesaugt, nach der Einspritzung Wasser abgesondert wird, so daß

also die Blutmenge nicht absolut dieselbe bleibt und nicht denselben Concentrationsgrad behält. — Nimmt man, abgesehen von diesen Fehlerquellen, die Resultate der Versuche an, so findet man, daß Fleischfresser im Durchschnitte mehr Blut besitzen als Pflanzenfresser und daß die Blutmasse etwa $1/_5$ des Körpergewichtes im Mittel ausmacht. Ein 30- bis 40jähriger Mann würde danach im Durchschnitte 14,6 Kilogramme Blut (etwa 30 Pfund), eine Frau in demselben Alter 25 Pfund Blut besitzen. — Noch schwieriger ist die Bestimmung des Rauminhaltes der Herzhöhlen, da hier die Zusammenziehung und Stärke der Muskelwandungen viele Störungen verursachen. Berechnet man indeß aus den vorhandenen Angaben die Dauer, binnen welcher die gesammte Blutmenge durch das Herz durchgeht, so schwanken die Resultate zwischen 72 bis 120 Sekunden. Der Umschwung der gesammten Blutmasse dauert also höchstens zwei Minuten. Auch in anderer Weise angestellte Versuche bestätigen dies Resultat. Man öffnete eine Halsvene und spritzte ein leicht zu entdeckendes Reagens in das Blut ein. In abgemessenen Intervallen, die man mit der Sekundenuhr bestimmte, zapfte man nun aus der Halsvene der anderen Seite Blut ab und untersuchte dies Blut auf den Gehalt an dem eingeführten Stoffe. Um von einer Vene zur anderen zu gelangen, mußte das Blut den Weg durch das rechte Herz in die Lungen, dann in das linke Herz und durch den Körper machen, folglich die ganze Bahn des Kreislaufes durchmessen. Hierzu genügten 30—40 Sekunden.

Wie man sieht, so liefern diese Versuche, die noch obendrein an Pferden, also an größeren Thieren angestellt wurden, eine größere Geschwindigkeit des Blutlaufes, als die eben mitgetheilten, auf die Capacität der Herzräume und die Blutmenge gestützten Berechnungen. Es ist aber zu berücksichtigen, daß bei den Versuchen nur die Zeit bestimmt wird, welche das mit dem Reagens versetzte Blut auf dem kürzesten Wege zurücklegt, und daß eine jede Blutbahn je nach Verhältniß ihrer Länge für ihre Durchströmung eine verschiedene Zeit verlangt. Ein Blutkör-

perchen, welches unmittelbar am Anfange der Aorta in die Kranzarterien des Herzens eingeht und durch die Kranzvenen zurückkehrt, wird den kürzeren Weg in geringerer Zeit zurücklegen, als ein anderes, welches durch die Zehen läuft. Man wird deßhalb wohl nicht irren, wenn man annimmt, daß eine Minute die mittlere Dauer des Blutumschwunges im menschlichen Körper sei und die gesammte Blutmenge demnach in einem Tage 1440 Mal den Körper durchkreise.

Je weiter vom Herzen weg man dem Blutlaufe folgt, desto langsamer wird er und desto unmerklicher wird der Puls, bis letzterer endlich gänzlich aufhört und in den fernsten und dünnsten Arterienzweigen das Blut langsam in stetem, gleichmäßigem Strome dahinfließt. Auch diese Erscheinungen lassen sich auf die befriedigendste Weise aus physikalischen Grundsätzen erläutern. Die Reibung des Blutes gegen die Arterienwände ist zwar nicht sehr bedeutend, da diese letzteren sehr glatt und eben sind, allein sie bildet doch immer ein Moment der Hemmung. Weit wesentlicher aber wirkt zu dieser Verlangsamung des Blutstromes die Erweiterung der Blutbahn ein. Es ist eine bekannte Sache, daß die Schnelligkeit eines Stromes in erweitertem Bette abnimmt und in ausgedehnten Becken und Seen sich fast auf Null reducirt; es ist eine Thatsache, daß in geschlossenen Röhren dasselbe Statt findet. Bei der Vertheilung der Blutgefäße ist dies Gesetz in Anwendung gebracht. Zwar sind die Zweige einer Arterie, jeder einzeln genommen, stets dünner als der Hauptstamm, aber die Gesammtsumme ihres Inhaltes übertrifft denjenigen des Hauptstammes stets um ein Bedeutendes. Die Unterleibsaorta z. B. theilt sich in der Tiefe des Beckens in zwei große Schlagadern, die Hüftschlagadern. Eine einzelne Hüftschlagader für sich genommen ist nicht so groß als die Aorta, aber ihr Durchmesser beträgt doch wenigstens zwei Drittel von dem Durchmesser der Aorta, so daß die beiden Hüftschlagadern zusammengenommen den Aortendurchmesser um ein Drittel wenigstens überwiegen. Alle Aeste der Arterien, wie der Venen, verhalten sich auf die gleiche Weise, und je weiter die Vertheilung der feinen Aeste und der

Capillargefäße geht, desto ausgedehnter wird auch die Blutbahn und desto langsamer der Kreislauf. Man hat nicht mit Unrecht gesagt, daß ein jedes Gefäßsystem bei idealer Aufzeichnung der Lumina einen Kegel bilden würde, dessen Spitze im Herzen, die Basis in den peripherischen Capillaren läge.

Das Verschwinden des Pulses in den entfernten feinen Arterienzweigen beruht nicht blos auf der Abnahme des Herzstoßes in die Entfernung. Denn wie bedeutend die Kraft des Herzstoßes noch in den Beinen sei, lehrt leicht die einfachste Beobachtung. Man fixire nur aufmerksam bei einem Manne, der sitzend die Beine übereinander geschlagen hat, das frei in der Luft schwebende Bein, und man wird bald den Pulsschlag an den regelmäßigen Hebungen und Senkungen des Fußes zählen können. Das Bein bildet in dieser Stellung einen äußerst langen Hebel, etwa wie der Zeiger an einem Kraftmesser, und deßhalb werden die pulsatorischen Bewegungen der Kniekehlenschlagader sichtbar, da sie einem langen Hebelarme mitgetheilt werden. Das Verschwinden des Pulsschlages, der Uebergang des abgesetzten, rhythmischen Stoßes in ein gleichförmiges Fließen, das in den engeren Arterien und Capillaren Statt hat, hängt von der durch die Elasticität bedingten Summirung aller einzelnen Stöße ab. Die elastische Gefäßwand setzt der Ausdehnung einen gewissen Widerstand entgegen, der endlich sich so weit erhebt und addirt, daß er der Stoßkraft Gleichgewicht hält und somit die Gleichförmigkeit des Stromes hergestellt ist.

Die Capillargefäße bilden den unmittelbaren Uebergang zwischen Arterien und Venen und in diesem feinen Röhrennetz tritt das Blut in unmittelbare Wechselwirkung mit der Substanz der Organe. Die Beobachtung hat dargethan, daß alle Capillaren, selbst die feinsten, stets ihre gesonderten deutlichen Wandungen haben, daß die Gefäßröhren überall vollkommen geschlossen sind und demnach zwischen umgebender Substanz und kreisendem Blute nur mittelst Durchdringung der Gefäßwände Austausch von Stoffen Statt finden kann. Diese Durchdringung

der Gefäßwände ist aber nur bei flüssigen oder gasförmigen Substanzen möglich; feste in den Blutstrom eingeführte Körper können nur durch Verletzung der Gefäßwandungen oder durch Auflösung in dem Blute wieder aus dem Kreislaufe herauskommen. Deßhalb können auch die festen, in dem Blute schwimmenden Körperchen, deren Eigenschaften wir später kennen lernen werden, die Blutkörperchen, keinen direkten Einfluß auf die Ernährung haben, sondern nur durch stete Zerstörung und Auflösung im Blutwasser mit der umgebenden Substanz der Organe in Wechselwirkung treten. Die Bewegung des Blutes in den Capillargefäßen hängt einzig und allein von dem Stoße des Herzens ab; es tritt hier keine neue unbekannte Kraft hinzu, wie man früher glaubte. Die Wandungen der Capillaren sind auf sehr eigenthümliche Weise gebildet. Sie sind außerordentlich permeabel für Flüssigkeiten und gasförmige Stoffe, und die Prozesse der Endosmose und Exosmose oder des Austausches von Stoffen durch thierische Membranen sind hier in ihrer größten Intensität entwickelt. Die Capillaren sind aber auch sehr contraktil und namentlich für Temperaturwechsel und andere, vom Organismus selbst ausgehende Reize außerordentlich empfindlich. Applikation von Kälte kann sie fast bis zu gänzlicher Verschließung bringen und durch diese bedeutende Contraktilität üben sie einen mächtigen Einfluß auf die Gesammtheit des Blutkreislaufes aus. Man stelle sich die Capillaren eines Organes bis auf die Hälfte, auf ein Drittel ihres Volums zusammengezogen vor; — es wird dann auch nur die Hälfte, das Drittel der für das Organ bestimmten Blutmenge in dasselbe eintreten können und die übrigen Organe mit Blut überfüllt werden.

Alle diese Verhältnisse der Capillaren erforderten die angestrengtesten Bemühungen und ausgedehntesten Beobachtungen zu ihrer endlichen Feststellung. Namentlich gegen die Existenz eigener Wandungen stritten mehrere vortreffliche Beobachter, welche die Capillargefäße nur für in die Substanz ausgehöhlte Rinnen ansehen wollten. Andere glaubten a priori den unmittelbaren Uebergang des Blutes aus den Arterien in die Venen

bläugnen zu können; sie nahmen, aller direkten Beobachtung um Trotze, an, das arterielle Blut gehe in der Substanz der Organe unter, und werde als venöses wieder neu geboren. In nderer Weise hat sich ein Rest dieser Ansicht noch bis in die eueste Zeit bei einigen Beobachtern erhalten, wonach wenigstens n den absondernden Drüsen die feinsten Haargefäße sich direkt n die absondernden Kanäle öffnen sollen. Indeß verhallen solche Stimmen immer mehr und mehr und die Ueberzeugung, daß alle Capillargefäße in sich abgeschlossen sind und nirgends eine Oeffnung eigen, ist jetzt zum allgemein angenommenen Axiom geworden.

Auf dieselbe Weise, wie die Arterien sich allmählig in die Capillaren auflösten, setzen sich aus denselben die Venen zusammen. In dem Bereiche des Capillarkreislaufes ist es unmöglich, u entscheiden, wo die Arterie aufhört, wo die Vene beginnt. Die bewegende Kraft, welche auf das in den Venen befindliche Blut einwirkt, ist ebenfalls einzig und allein der Herzstoß. Da ber dieser schon in den Capillaren in einen gleichmäßigen Druck ich umgewandelt hat, so wird er auch in den Venen in dieser Weise bleiben, wenn gleich immer noch eine geringe Oscillation n dem Drucke sich je nach Systole und Diastole des Herzens emerken läßt. Aus einer angestochenen Vene, beim Aderlaß . B., spritzt das Blut in continuirlichem Strome, der abwechselnde Wellen zeigt, die aber nur unbedeutend sind; aus einer erletzten Arterie springt es in Absätzen; es ist etwa der gleiche Unterschied wie zwischen dem Strahl einer Feuerspritze und dem iner einfachen Pumpe ohne Luftkasten. Der Druck, unter dem ich das Blut in den Venen bewegt, ist nur noch gering; die Geschwindigkeit des Blutlaufes ist indeß etwas größer, als in en Capillaren, weil durch die allmählige Sammlung der Venen n einzelne Stämme das Blut in stets engere und engere Räume inzutreten genöthigt ist. Das Verhältniß der Aeste zu den Stämmen ist bei den Venen durchaus dasselbe, wie bei den Arterien; der Strom des Blutes geht aber von den Zweigen us nach dem Stamme hin. Stellen wir uns beide Gefäßsysteme unter dem Bilde zweier, mit der Basis an einander gelegter

Kegel vor, deren Spitzen in dem Herzen sich finden, so geht der arterielle Blutstrom von der Spitze nach der Basis, aus dem engeren in den weiteren Raum und verlangsamt sich deßhalb zusehends; während die venöse Strömung von der Basis zur Spitze gerichtet ist und deßhalb, bei steter Verengerung des ihr angewiesenen Raumes, eine stete Beschleunigung erfährt. In der Nähe des Herzens tritt durch die Erweiterung der Vorkammern bei der Diastole ein neues bewegendes Moment hinzu, indem das Blut durch die Entstehung eines leeren Raumes in den Vorhöfen von diesen angesogen wird, wie das Wasser in einem Gummibeutel, den wir zusammengedrückt haben und wieder sich ausdehnen lassen, während wir seine Oeffnung in die Flüssigkeit tauchen. Trotz dieser Verhältnisse würde aber der Venenkreislauf den bedeutendsten Störungen unterworfen sein, wenn nicht durch besondere Klappen im Innern der Venen manchen Uebelständen vorgebeugt wäre. Die Venen haben keine solche elastische Wandungen wie die Arterien, sie können dem Drucke der umgebenden Theile bei Bewegungen, Stellungsänderungen ꝛc. keinen Widerstand leisten, und dieser Druck ist oft wenigstens stärker, als der im Innern der Vene auf das Blut ausgeübte. Dieses würde demnach bei jedem solchem Drucke nach der Peripherie hin zurückgestaucht werden und Hemmungen des Capillarkreislaufes veranlassen, wenn nicht Taschenventile angebracht wären, welche sich dem Rückprallen des Blutes gegen die Peripherie hin entgegenstemmen und das Lumen der Vene verschließen. An den unteren Körpertheilen, den Beinen, wo das Venenblut der Schwere entgegen von unten nach oben in die Höhe geschafft werden muß, haben auch diese Ventile den Nutzen, daß sie bei momentanem Nachlasse des Blutdruckes vom Herzen aus das Zurücksinken der Blutsäule nach unten verhindern. Daß sie nicht einzig zu diesem Endzwecke angebracht sind, lehrt ihre Anwesenheit in den Venen des Halses, wo das Venenblut in seinem Strome der Richtung der Schwere folgt, so wie ihre Abwesenheit in solchen Venen, welche keinem Drucke der umgebenden Theile unterliegen können.

Suchen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in einige übersichtliche Sätze zusammenzufassen, so wären diese etwa folgende. Das Blut kreist in beständigem Umschwunge in einem Systeme von durchaus und überall geschlossenen Röhren. Der Kreislauf geschieht stets in derselben Richtung: aus der linken Herzhälfte in den Körper, von dort in die rechte Herzhälfte, aus dieser in die Lungen und aus den Lungen in das linke Herz zurück. Die Arterien sind Leitungsröhren vom Herzen zur Peripherie; die Venen Leitungsröhren von der Peripherie zum Herzen. Die Capillargefäße sind die Vermittler aller Prozesse des vegetativen Lebens, der Ernährung, Aufsaugung und Absonderung. Nur in den Capillargefäßen erleidet das Blut als solches physikalische und chemische Veränderungen. In den Capillaren des Körpers wird es dunkel violett, mit Kohlensäure geschwängert, in denen der Lungen hellroth und sauerstoffhaltig; die Umwandlungen können nur durch Imbibition und Durchbringung der überall geschlossenen Gefäßwandungen vor sich gehen. Die Kraft, welche das Blut bewegt, geht einzig und allein von dem Herzen aus. Das Herz ist eine mit Ventilen versehene Druckpumpe, die nach bestimmten physikalischen Gesetzen eingerichtet ist und diesen gemäß arbeitet.

Und so wäre es denn der Physiologie gelungen, das Herz, das so unruhig bewegte in der Menschenbrust, zu zähmen, ihm Fesseln anzulegen und Gesetze aufzubürden? Es wäre Erdichtung, die Theilnahme, welche wir ihm an unseren Gefühlen zuschreiben; und wenn wir unserer alten Gewohnheit nach reden vom stärkeren Schlage unseres Herzens, von freudigem Pochen und angstvollem Erzittern, so wären das nur bildliche Redensarten, schöne Träume einer regen Phantasie? Es wäre uns gegangen, wie dem Peter in Hauff's Mährchen vom Tannenhäuser, dem man das lebendige Herz aus der Brust riß und ein steinernes einsetzte, das zwar auch pochte und das Blut umtrieb; das aber keinen Antheil nahm an seinen Leiden und Freuden, das in Liebe und Haß gleichmäßig fortschlug, wie das Ticktack einer Uhr? Nein! wahrlich nein! so weit geht unsere

Kegel vor, deren Spitzen in dem Herzen sich finden, so geht der arterielle Blutstrom von der Spitze nach der Basis, aus dem engeren in den weiteren Raum und verlangsamt sich deßhalb zusehends; während die venöse Strömung von der Basis zur Spitze gerichtet ist und deßhalb, bei steter Verengerung des ihr angewiesenen Raumes, eine stete Beschleunigung erfährt. In der Nähe des Herzens tritt durch die Erweiterung der Vorkammern bei der Diastole ein neues bewegendes Moment hinzu, indem das Blut durch die Entstehung eines leeren Raumes in den Vorhöfen von diesen angesogen wird, wie das Wasser in einem Gummibeutel, den wir zusammengedrückt haben und wieder sich ausdehnen lassen, während wir seine Oeffnung in die Flüssigkeit tauchen. Trotz dieser Verhältnisse würde aber der Venenkreislauf den bedeutendsten Störungen unterworfen sein, wenn nicht durch besondere Klappen im Innern der Venen manchen Uebelständen vorgebeugt wäre. Die Venen haben keine solche elastische Wandungen wie die Arterien, sie können dem Drucke der umgebenden Theile bei Bewegungen, Stellungsänderungen ꝛc. keinen Widerstand leisten, und dieser Druck ist oft wenigstens stärker, als der im Innern der Vene auf das Blut ausgeübte. Dieses würde demnach bei jedem solchem Drucke nach der Peripherie hin zurückgestaucht werden und Hemmungen des Capillarkreislaufes veranlassen, wenn nicht Taschenventile angebracht wären, welche sich dem Rückprallen des Blutes gegen die Peripherie hin entgegenstemmen und das Lumen der Vene verschließen. An den unteren Körpertheilen, den Beinen, wo das Venenblut der Schwere entgegen von unten nach oben in die Höhe geschafft werden muß, haben auch diese Ventile den Nutzen, daß sie bei momentanem Nachlasse des Blutdruckes vom Herzen aus das Zurücksinken der Blutsäule nach unten verhindern. Daß sie nicht einzig zu diesem Endzwecke angebracht sind, lehrt ihre Anwesenheit in den Venen des Halses, wo das Venenblut in seinem Strome der Richtung der Schwere folgt, so wie ihre Abwesenheit in solchen Venen, welche keinem Drucke der umgebenden Theile unterliegen können.

Suchen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in einige übersichtliche Sätze zusammenzufassen, so wären diese etwa folgende. Das Blut kreist in beständigem Umschwunge in einem Systeme von durchaus und überall geschlossenen Röhren. Der Kreislauf geschieht stets in derselben Richtung: aus der linken Herzhälfte in den Körper, von dort in die rechte Herzhälfte, aus dieser in die Lungen und aus den Lungen in das linke Herz zurück. Die Arterien sind Leitungsröhren vom Herzen zur Peripherie; die Venen Leitungsröhren von der Peripherie zum Herzen. Die Capillargefäße sind die Vermittler aller Prozesse des vegetativen Lebens, der Ernährung, Aufsaugung und Absonderung. Nur in den Capillargefäßen erleidet das Blut als solches physikalische und chemische Veränderungen. In den Capillaren des Körpers wird es dunkel violett, mit Kohlensäure geschwängert, in denen der Lungen hellroth und sauerstoffhaltig; die Umwandlungen können nur durch Imbibition und Durchbringung der überall geschlossenen Gefäßwandungen vor sich gehen. Die Kraft, welche das Blut bewegt, geht einzig und allein von dem Herzen aus. Das Herz ist eine mit Ventilen versehene Druckpumpe, die nach bestimmten physikalischen Gesetzen eingerichtet ist und diesen gemäß arbeitet.

Und so wäre es denn der Physiologie gelungen, das Herz, das so unruhig bewegte in der Menschenbrust, zu zähmen, ihm Fesseln anzulegen und Gesetze aufzubürden? Es wäre Erdichtung, die Theilnahme, welche wir ihm an unseren Gefühlen zuschreiben; und wenn wir unserer alten Gewohnheit nach reden vom stärkeren Schlage unseres Herzens, von freudigem Pochen und angstvollem Erzittern, so wären das nur bildliche Redensarten, schöne Träume einer regen Phantasie? Es wäre uns gegangen, wie dem Peter in Hauff's Mährchen vom Tannenhäuser, dem man das lebendige Herz aus der Brust riß und ein steinernes einsetzte, das zwar auch pochte und das Blut umtrieb; das aber keinen Antheil nahm an seinen Leiden und Freuden, das in Liebe und Haß gleichmäßig fortschlug, wie das Ticktack einer Uhr? Nein! wahrlich nein! so weit geht unsere

Mechanik nicht. Sie lehrt uns die Gesetze, die physikalischen, an dem Herzen und den Gefäßen angebrachten Kräfte und deren Wirkungen kennen; allein Beobachtung und Reflexion zeigen auch, wie sehr die Anwendung dieser Kräfte von einem höheren Leiter, von dem Nervensysteme, abhängt und wie sehr jeder dort empfangene Eindruck sich in dem Maße und der Art der Herzbewegungen abspiegelt und reflektirt. Wir täuschen uns nicht, wenn wir in der Begeisterung unser Herz voller schlagen, in der Angst, der Erwartung es krampfhaft erzittern fühlen; — wir täuschen uns nur, wenn wir dem Herzen unmittelbar diese Theilnahme zuschreiben; es ist nur der Reflektor der von dem Centralorgane des Nervensystemes, dem Gehirne, aufgenommenen Eindrücke und Empfindungen, und auf Reizungen, welche von diesen Centralorganen ausgehen, reagirt es sogar weit heftiger, als auf direkt angebrachte Irritation. Daß aber großentheils auf solch engem Zusammenhange des Herzens und seiner Bewegungen mit dem Gehirne der Einfluß des letzteren auf die vegetativen Prozesse des Lebens beruhe, scheint mir keinem Zweifel unterworfen. Kummer, Angst und Sorge reiben den Körper auf; froher Muth, heiterer Sinn, ein gewisses Maß in Affekten und Leidenschaften erhalten die Gesundheit und Lebensfrische. Das sind Erfahrungen, die jeder im Leben bestätigt finden kann; — der Grund des Zusammenhanges dieser Erscheinungen ist nicht so leicht klar zu machen. Aber von der steten Erneuerung des Blutes hängt die Ernährung, die Athmung, das ganze vegetative Leben ab; und die Erneuerung und Bewegung des Blutes sind mit der Herzbewegung selbst auf das Innigste verknüpft. Wo der eine Faktor fehlt, da wird auch die ganze Summe unrichtig, und wo Uebermaß der Leidenschaften, ungestümer Wechsel der Affekte oder anhaltender Einfluß deprimirender Geistesstimmung die Aktion des Herzens unregelmäßig machen oder lähmend darauf einwirken, da kann auch der Blutlauf und somit die Ernährung des Körpers nicht in gehöriger Weise vor sich gehen.

Zweiter Brief.

Das Blut, die Lymphe und der Chylus.

Das Blut, so wie es aus der geöffneten Ader springt, so wie es im lebenden Körper kreist, ist nicht eine einfache, homogene rothe Flüssigkeit ohne weitere Zusammensetzung. Es besteht aus zwei wesentlichen Formbestandtheilen: den rothen und farblosen Blutkörperchen, und dem Plasma oder der Blutflüssigkeit. Seine Farbe, die im Ganzen ein helles Kirschroth ist, scheint nicht unter allen Verhältnissen gleich. In der Jugend, bei lebhafter Bewegung, bei zarten, blutarmen Individuen ist das Blut heller, bei Menschen mit sitzender Lebensart und bei kräftigem Körperbau meistens dunkler. Die Luft wirkt schon in dem Augenblicke des Ausfließens auf die Farbe ein. Das Blut, welches aus einer weit geöffneten Ader hervorstürzt, ist dunkler als dasjenige, welches bei langsamem Ausfließen in feinem Strahle mit der Luft in innigere Berührung gekommen ist. Das Blut aus den Schlagadern, welches bei Verwundungen derselben in abwechselnden Stößen hervorspringt, erscheint mehr kirschroth mit einem Stich ins Zinnoberrothe, während das venöse Blut eine violette Färbung zeigt. Der eigenthümliche Geruch ähnelt demjenigen der Hautausdünstung und rührt wahrscheinlich von einem dem Blute beigemengten Fette her, das durch die Haut abgeschieden wird. Das spezifische Gewicht mag im Mittel etwa 1,055 betragen. Weiber und Jünglinge haben leichteres, dünneres Blut, als erwachsene Männer. Indessen wechseln auch diese Verhältnisse ungemein, je nach dem Gesundheitszustande des Individuums oder nach der Aufnahme fester oder flüssiger Nahrungsmittel.

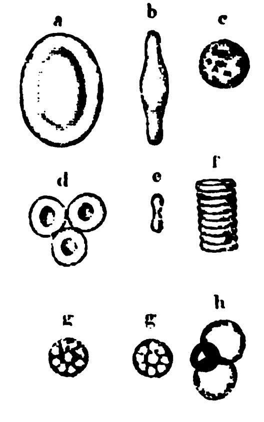


Fig. 6. Blutelemente des Frosches, bei 500maliger Vergrößerung. a. Ovales Blutkörperchen von der Fläche gesehen. b. Dasselbe von der Kante aus. c. Farbloses Lymphkörperchen.

Fig. 7. Blut- und Lymph-Elemente des Menschen, bei 800facher Vergrößerung. d. Blutkörperchen, von der Fläche gesehen. e. Eines von der Kante aus. f. Rolle von aneinandergeklebten Blutkörperchen. g. g. Farblose Lymphkörperchen. h. Fettbläschen (Oeltröpfchen) aus dem Chylus, welche diese Flüssigkeit milchig machen.

Unter den Formbestandtheilen des Blutes, die sich nur mit dem Mikroskope unterscheiden lassen, fallen vor Allem die **rothen Blutkörperchen** ins Auge; kleine, runde, elastische Scheibchen, welche im Mittel $\frac{1}{300}$ Linie im Durchmesser haben. Unter dem Mikroskope erscheinen sie von schwach gelblicher Farbe, während ihre Anhäufung in großen Massen dem bloßen Auge die erwähnten Farbennüancen entgegenstellt. Bei dem Menschen haben die Blutkörperchen die Gestalt einer in der Mitte etwas vertieften kreisrunden Scheibe mit dickerem Rande, so daß man sie nicht unpassend mit Münzen verglichen hat. Sie scheinen in ihrer Masse ganz homogen zu sein; — wenigstens sind die Erscheinungen, die man bald auf Anwesenheit eines Kernes, bald auf die eines leeren Raumes in ihrer Mitte zu deuten suchte, entweder nur optische Täuschungen, oder durch die äußeren Einflüsse bedingte Veränderungen. Bei den größeren ovalen Blutkörperchen der Frösche tritt freilich ein Kern, der sogar eine mittlere Auftreibung veranlaßt, auf das Deutlichste hervor; — allein auch hier behauptet ein neuerer, genauer Beobachter, daß der Kern nur eine Gerinnungserscheinung sei, bedingt durch den Einfluß der Luft auf die Masse des Blutkörperchens, und daß in solchen Körperchen, die nicht mit der Luft in Berührung kommen, kein solcher Kern zu sehen sei. Man hat viel von einer festeren

Hülle und einem flüssigen Inhalte der Blutkörperchen gesprochen; indessen dürfte man der Wahrheit näher kommen, wenn man annimmt, daß die Blutkörperchen im Ganzen aus einem schwammig aufgequollenen eiweißartigen Stoffe, dem sogenannten Globulin bestehen, dessen äußere Schicht bedeutend fester ist, und durch verschiedene Einflüsse sich bald faltet und zusammenzieht, bald aufquillt, und bis zum Platzen ausdehnt. Daß die Körperchen nur halbfest und elastisch seien, beweist namentlich die Untersuchung des Capillarkreislaufes in durchsichtigen Theilen solcher Thiere, welche, wie die Frösche, große Blutkörperchen besitzen. Sobald irgendwo an einem Zweige, an einer Beugung des Gefäßes eine Stockung der rasch dahinrollenden Blutkörperchen eintritt, wobei sie gedrängt und zusammengedrückt werden, so biegen sie sich auf die mannichfaltigste Art ein, und oft sieht man Blutkörperchen, welche, um in ein sehr enges Haargefäß einzubringen, sich einbiegen, eiförmig und länglich werden, bis sie in freiere Räume gelangend ihre ursprüngliche Form wieder annehmen. Im kreisenden Blute schwimmen alle Blutkörperchen einzeln und gleiten leicht an einander vorbei; — aus der Ader gelassen oder beim Stocken des Kreislaufes legen sie sich gern mit ihren glatten Flächen an einander und kleben auf diese Weise zusammen, so daß sie kleine Säulchen bilden, die etwa wie Geldrollen aussehen. Der schwammige, leicht aufquellende Stoff der Blutkörperchen ist äußerst empfindlich gegen Einwirkungen jeder Art. In reinem Wasser, in Flüssigkeiten von schwächerem Concentrationsgrade als die Blutflüssigkeit, quellen die Blutkörperchen durch Wassereinsaugung auf; in gesättigten Salz- und Zuckerlösungen schrumpfen sie ein, weil ihnen die Flüssigkeit Wasser entzieht. Andere Stoffe verändern sie durch chemische Einwirkung auf die mannichfaltigste Weise. Gase werden von ihnen mit großer Begierde eingeschluckt, und wie aus den oben angeführten Beobachtungen über die Existenz eines Kernes hervorgeht, können selbst Formveränderungen durch Gase hervorgebracht werden.

Zwischen den rothen Blutkörperchen findet man in wechselndem Verhältnisse farblose kuglige Körperchen von doppelter Größe, die deutlich aus einer äußeren durchsichtigen, sehr zarten Hülle, und einer innern Kernermasse bestehen, welche letztere bald zu einem Kerne zusammengeballt, bald mehr zerstreut im Innern der Hülle liegt. Beim Frosche kann man diese farblosen Blutkörperchen in den Capillargefäßen der durchsichtigen Schwimmhaut zwischen den anderen cirkuliren sehen. In ihrem äußeren Ansehen, in ihrem Verhalten gegen fremdartige Einwirkungen gleichen diese farblosen Körperchen durchaus denjenigen, welche man in der Lymphe findet, und es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Lymphkörperchen stets mit der Lymphe in das Blut ergossen, und so den gefärbten Blutkörperchen beigemengt werden.

Das Plasma oder die Blutflüssigkeit bildet eine klare, durchsichtige, ungefärbte Flüssigkeit, die so klebricht ist, daß sie sich zwischen den Fingern in dünne Fäden ziehen läßt. Es enthält diese Flüssigkeit eine große Anzahl von Stoffen aufgelöst, und wechselt, wie leicht begreiflich, in ihrer Zusammensetzung bedeutend, je nach der Aufnahme verschiedener Stoffe in die Blutmasse. Die klebrige Beschaffenheit der Blutflüssigkeit rührt hauptsächlich von Eiweiß her, welches in reichlicher Menge darin aufgelöst ist, und in keiner Weise chemisch sich von dem Eiweiße der Hühnereier unterscheidet. Ein zweiter Bestandtheil der Blutflüssigkeit, der durch seine besonderen Eigenschaften noch mehr in die Augen fällt, als das Eiweiß, ist der Faserstoff oder das Fibrin, der zwar in dem lebenden Plasma aufgelöst ist, aber fast unmittelbar gerinnt und sich ausscheidet, sobald das Blut aus der Ader gelassen wird oder auch nur längere Zeit in den Adern stockt. Eiweiß wie Faserstoff gehören einer merkwürdigen Gruppe zusammengesetzter organischer Stoffe an, welche man mit dem Namen der Blutbildner bezeichnen kann, und die sowohl im Pflanzen- als im Thierreiche weit verbreitet sind. Alle diese Stoffe, zu welchen als drittes wesentliches Glied der sogenannte Käsestoff gehört, welcher ebenfalls in der Blutflüssig-

keit, wenn auch nur in äußerst geringer Menge vorhanden ist, alle diese Stoffe, sage ich, besitzen nahe übereinstimmende Eigenschaften. Jeder derselben kommt in einer löslichen und unlöslichen Modifikation vor. Ihre Zusammensetzung, ohne vollkommen identisch zu sein, nähert sich doch bedeutend, und ihre Zersetzungsprodukte sind oft identisch. Wenn gleich die Ansicht, wonach man glaubte, daß diese Stoffe Verbindungen eines organischen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzten Körpers, einer organischen Basis, die man Proteïn nannte, mit verschiedenen Mengen von Schwefel und Phosphor seien; wenn gleich diese Ansicht längst gefallen ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß diese Stoffe viele Beziehungen zu einander haben, und sich namentlich mit größter Leichtigkeit umtauschen und einer in den anderen verwandeln können. Faserstoff, Eiweiß und Käsestoff unterscheiden sich übrigens leicht durch ihr Verhalten. Man kennt kein anderes Lösungsmittel des Faserstoffes in unzersetztem Zustande, als das im lebenden Körper kreisende Blut; — nach dem Tode, nach dem Ausflusse des Blutes aus den Gefäßen scheidet sich der Faserstoff durch die Gerinnung aus. Das Eiweiß dagegen löst sich leicht im Wasser, gerinnt aber, sobald man dieses über 60 Grad R. erhitzt, und läßt sich durch Kochen vollständig ausscheiden. Der Käsestoff endlich bleibt bei jeder Temperatur im Wasser gelöst, er gerinnt aber durch Zusatz von Säuren oder von Lab (Schleimhaut des Kälbermagens) und schlägt sich in Flocken nieder.

Sobald das Blut aus der Ader gelassen ist, so gerinnt es. Diese Gerinnung ist allein in dem Faserstoffe begründet, der sich meist in der Form von kleinen mikroskopischen Schollen und Blättchen aus dem Plasma niederschlägt und anfangs alle Flüssigkeit und alle Blutkügelchen in sich einschließt, so daß das Blut im Ganzen eine gelatinöse, weiche Masse bildet. Nach einiger Zeit aber, bei fortdauernder Contraktion des Faserstoffes, preßt sich die Flüssigkeit nach allen Seiten heraus und dieser Prozeß dauert so lange fort, bis sich das gesammte Blut in zwei Theile geschieden hat: eine gelbliche Flüssigkeit, das Blut-

wasser oder Serum, und ein rothes, halbfestes Gerinnsel, der Blutkuchen oder Cruor. Verhindert man mittelst heftigen Schüttelns, Schlagens oder Quirlens des Blutes die Einschließung der Blutkügelchen durch den gerinnenden Faserstoff, so bildet sich kein Blutkuchen; — der Faserstoff setzt sich in Fäden und unregelmäßigen, weißlichen Flocken an die Stäbchen an, womit man das Blut schlägt und kann auf diese Weise vollständig aus dem Blute entfernt werden. Alle Blutkörperchen bleiben in Folge dieser Operation mit dem Serum zurück. Bei längerem Stehenlassen der rothen, ihres Faserstoffes beraubten Blutflüssigkeit, senken sich indeß die Blutkörperchen zu Boden und das helle gelbliche Serum schwimmt oben auf. Der Akt der Gerinnung ist demnach weiter nichts, als eine Ausscheidung des Faserstoffes aus dem Plasma. Das Serum ist entfaserstofftes Plasma, der Blutkuchen das Resultat der Verbindung des Faserstoffes mit den Blutkügelchen.

Auf welchem chemischen Prozesse die Gerinnung des Blutes beruhe, ist eine noch unerledigte Frage. So viel scheint gewiß, daß die Berührung mit dem Sauerstoffe der Luft den wesentlichsten Einfluß darauf habe, daß sie aber nicht die einzige Ursache dieses annoch räthselhaften Vorganges sei. Viele Substanzen, namentlich concentrirte Salzlösungen, hindern die Gerinnung ganz, andere verzögern sie.

Die Blutkörperchen sind spezifisch schwerer, als das Plasma; sie sinken in demselben zu Boden. Die Gerinnung des Blutes tritt aber meist so schnell ein, daß die Blutkörperchen keine Zeit haben, sich zu senken, weßhalb dann das ganze Blut zu einer gleichförmig rothen Masse gesteht. In sehr faserstoffhaltigem Blute aber verbinden sich die Blutkörperchen schnell zu Säulchen und Geldrollen; sie senken sich in diesem Zustande weit schneller, weil sie durch ihre Verbindung weniger Fläche darbieten und somit auch der Widerstand der Flüssigkeit gegen ihren Fall geringer ist. Der an der Oberfläche des Blutes gerinnende Faserstoff schließt dann keine Blutkörperchen ein; die rothe Farbe fehlt ihm demnach, er ist gelblich, fast ungefärbt und bildet eine

hautartige Ausbreitung auf der Oberfläche des Blutkuchens, die Speckhaut. Es ist eine bekannte Sache, daß diese Speckhaut sich stets auf stark faserstoffhaltigem Blute findet, bei entzündlichen Krankheiten, Schwangeren u. s. w., und daß ihre Bildung nicht auf einer zeitlichen Verzögerung der Gerinnung, sondern auf der durch die Säulchenverbindung bedingten schnelleren Senkung der Blutkörperchen beruht.

Sucht man die einzelnen Bestandtheile, welche das Blut enthält, nach den Substanzen zu ordnen, die man auf mechanische Weise durch das Mikroskop oder die Gerinnung unterscheiden kann, so erhält man folgende Resultate. Die Blutkörperchen bestehen ihrer größten Masse nach aus einem im Wasser löslichen eiweißartigen Körper, der mit dem Eiweißstoffe der Krystalllinse des Auges identisch ist und Globulin oder Krystallin genannt wurde. Dieser Stoff, der 1,1 Prozent Schwefel, aber keinen Phosphor enthält, findet sich nur in den Blutkörperchen, und seine absolute Menge beträgt auf 1000 Theile Blut etwa 125,6. Mit ihm ist in innigster Verbindung der rothe Farbestoff des Blutes, das Blutroth oder Hämatin, dessen Menge man auf 7,32 auf 1000 Theile Blut anschlagen kann und der namentlich dadurch merkwürdig ist, daß er die einzige Substanz des Körpers ist, welche Eisen in ziemlich bedeutender Menge enthält. Dieses Eisen ist ein nothwendiger Bestandtheil der Blutkörperchen. Die Bleichsucht beruht wesentlich auf dem Mangel dieses Metalles und wird durch seine Einführung in das Blut geheilt. Außer dem Eisen enthalten die Blutkörperchen noch von unorganischen Substanzen besonders Kali und Phosphorsäure, die sich in der Asche wiederfinden, und eine ziemliche Quantität verseiften Fettes, das man in mehrere Fette zerlegt hat.

Wir sahen so eben, daß das Serum des geschlagenen Blutes sich von der Blutflüssigkeit nur durch den Mangel des Faserstoffes unterscheidet. Die absolute Menge des Faserstoffes in 1000 Theilen Blut beträgt aber nicht mehr als 2,7, während der Eiweißgehalt im Durchschnitte 71,38 Theile beträgt. Da bei einem gesunden Blute der Faserstoff bei dem Gerinnen

sämmtliche Blutkügelchen in sich faßt, um mit ihnen den Blutkuchen zu bilden, so ist es ziemlich leicht, diese Eigenschaft zu benutzen, um durch dieselbe zu einer annähernden Schätzung der einzelnen Blutbestandtheile zu gelangen. Theilt man die bei einem Aderlasse erhaltene Blutmenge in zwei Theile und läßt die eine Hälfte ohne weitere Behandlung gerinnen und einen Blutkuchen bilden, während man die andere Hälfte quirlt und so den Faserstoff allein abscheidet, so braucht man nachher nur die Gewichte des ausgepreßten und getrockneten Faserstoffes zu bestimmen, um alle Elemente der Rechnung zu besitzen. Durch Subtraktion des Faserstoffgewichtes von dem Gewichte des Blutkuchens erhält man das Gewicht der Blutkörperchen. Ein gesundes Blut auf diese Weise behandelt, würde in 1000 Theilen einen Blutkuchen von 135 Theilen und 865 Theile Serum liefern. Durch Schlagen würde man daraus etwa 3 Theile Faserstoff erhalten, durch Kochen des Serums etwa 71 Theile Eiweiß. Wir würden demnach durch diese einfachen Operationen den ungefähren Gehalt des Blutes an Blutkörperchen, Faserstoff und Eiweiß erfahren, und aus der nach dem Kochen überbleibenden Flüssigkeit bei weiter fortgesetzter chemischer Behandlung noch die aufgelösten Salze und sonstigen Bestandtheile ermitteln können.

Diese letzteren, wenngleich in ihrer Menge gegen die übrigen Blutbestandtheile sehr zurückstehend, erscheinen dennoch von bedeutender Wichtigkeit für den Haushalt des Körpers. Manche dieser Stoffe sind nur deßhalb in so geringer Menge im Blute vorhanden, weil sie von den Drüsen beständig ausgeschieden werden; — andere gehen im Umschwunge des Kreislaufes zu Grunde und lassen sich deßhalb eher in dem Blute der einen als der anderen Adern nachweisen. So findet sich in der Blutflüssigkeit stets eine äußerst geringe Quantität von Käsestoff, von Harnstoff, von Gallenfarbstoff, von Traubenzucker, von Gallenfett und verschiedenen anderen verseiften und nicht verseiften Fetten. Nach der Ausrottung der Nieren nimmt der Harnstoffgehalt im Blute bedeutend zu, bei gehemmter Absonderung

der Galle und gestörter Lebensthätigkeit häuft sich der Gallenfarbstoff so sehr in dem Blute an, daß er endlich in den Geweben des Körpers abgesetzt wird und die Gelbsucht erzeugt. Dies sind also Stoffe, welche in dem Körper erzeugt und durch die Drüsen beständig abgeschieden werden, während Käsestoff und Zucker vom Darmkanale aufgenommen und letzterer wenigstens größtentheils in den Lungen zu Grunde geht, so daß er nur in dem venösen, nicht aber in dem hellrothen Blute gefunden werden kann.

Die anorganischen Bestandtheile, die man als Asche beim Verbrennen wiederfindet, sind durchaus eben so wichtig für den Haushalt des Körpers, als die organischen. Der Mensch kann eben so wenig ohne Kochsalz und phosphorsaure Salze leben, als ohne Eiweiß oder Fett. Die meisten Salze aber finden sich in dem Serum des Blutes aufgelöst. Kochsalz wiegt unter ihnen an Menge vor. Ihm zunächst stehen kohlensaure und phosphorsaure Alkalien, und zwar sind die anorganischen Bestandtheile so vertheilt, daß Phosphorsäure und Kali vorzugsweise in den Blutkörperchen, die Chlormetalle, das Natron, der Kalk und die Bittererde, Schwefelsäure und Kohlensäure dagegen in der Blutflüssigkeit enthalten sind. Die Menge und das Verhältniß der anorganischen Stoffe zu einander wechselt indeß außerordentlich, je nach der augenblicklichen Einsaugung und den entsprechenden Ausscheidungen. Brod und Körnernahrung vermehren die Menge der phosphorsauren Alkalien im Blute, Gemüse dagegen diejenige der kohlensauren Salze, indem die meisten organischen Pflanzensäuren beim Uebergange in das Blut sich in Kohlensäure verwandeln.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Blutes im Ganzen mit derjenigen des Körpers, so wird man durch die Aehnlichkeit der Bestandtheile beider überrascht. Die Hauptorgane des menschlichen Körpers bestehen aus Eiweiß, Faserstoff und Fett, die sämmtlich in dem Blute nachgewiesen sind, und die Modifikationen dieser Stoffe, die wir in dem lebenden Körper finden, scheinen sämmtlich aus den im Blute vorhandenen Bestandtheilen

hervorgehen zu können. Die Auswurfsstoffe fehlen ebenfalls nicht und die feuerbeständigen Stoffe der Asche sind ihren Elementen nach im Körper und im Blute gleich. Man kann demnach mit Recht sagen, daß das Blut der aufgelöste Organismus sei. Wir werden in der Folge sehen, wie in der That alle Stoffumwandlungen des Körpers in dieser beständig kreisenden Flüssigkeit ihren Mittelpunkt finden, wie alles, was der Körper aufnimmt, durch das Blut an den Ort seines Verbrauches hingeschafft, alles, was er ausscheidet, ebenfalls an die Stelle der Aussonderung gebracht wird, und wie auf diesem Wege theils in der Blutmasse selbst, theils in den Organen, welche von ihr durchlaufen werden, die mannichfaltigsten Metamorphosen Platz greifen, deren Erforschung zum größten Theile noch eine Aufgabe der Wissenschaft ist. Es darf demnach nicht verwundern, wenn die mannichfaltigsten individuellen und temporären Verschiedenheiten in der Blutmischung sich nachweisen lassen, da man diese gleichsam als von drei verschiedenen Faktoren abhängig ansehen kann : von der individuellen Beschaffenheit, von der Aufnahme fremder Stoffe und von der Ausscheidung unnütz gewordener Substanzen. Daß das Ineinanderspielen dieser drei Einflüsse die vielfachsten Wechsel erzeugen und somit der Untersuchung die mannichfaltigsten Hindernisse entgegenstellen müsse, ist klar. Vermehrt werden aber diese Hindernisse noch durch die Schwierigkeit und Länge der Untersuchung an sich und durch die Unzulänglichkeit der Mittel, welche die Chemie besitzt, wenn es sich darum handelt, kleine Mengen von Stoffen nachzuweisen, die keine wesentlich charakteristische Reaktion besitzen. Wenn man bedenkt, daß die ungemein kleine Menge von Kuhpockengift, welche beim Impfen in die Blutmasse gebracht wird, in dieser eine so heftige Revolution bewirkt, daß Entzündung, Fieber, allgemeine Krankheit des ganzen Körpers, Ausschlag und Pockenbildung die unmittelbare, und eine, Jahrelang andauernde Veränderung der Empfänglichkeit für die Pockenansteckung die mittelbare Folge dieses unbedeutenden Eingriffes sind; wenn man andrerseits bedenkt, daß die Menge des so

ngebrachten Stoffes so gering, so verschwindend klein und die
durch bewirkte Veränderung der Blutmasse so unbedeutend
t, daß weder Mikroskop, noch chemisches Reagens bis jetzt
rüber haben Auskunft ertheilen können, so muß man sich
stehen, daß trotz aller unserer mühevollen Untersuchungen es
s jetzt noch nicht gelungen ist, die Vorgänge und Veränderungen, welche im Innern der Blutmasse Statt finden, wissenschaftlich klar darzulegen.

Die spezifischen Unterschiede der beiden Blutarten, nämlich
s arteriellen oder hellrothen und des venösen oder dunklen Blutes,
ruhen hauptsächlich auf der Farbe und auf der Menge der
nzelnen Bestandtheile. Formverschiedenheiten zwischen den Blutrperchen dieser beiden Blutarten haben selbst die gewiegtesten
likroskopiker noch nicht mit Sicherheit entdecken können; der
nzige dem bloßen Auge sogleich auffallende sichere Charakter
die Farbe. Selbst in sehr verdünnter Lösung zeigt sich die
erschiedenheit der Nüancen noch deutlich. Das hellrothe Blut
rinnt schneller und sein Blutkuchen wird fester, als derjenige
s venösen; das hellrothe Blut ist um 1° R. wärmer als das
nöse. Das spezifische Gewicht des arteriellen Blutes ist auflender Weise, den übereinstimmenden Beobachtungen der
isten Forscher zu Folge, geringer als dasjenige des dunkelhen Blutes, eine Erscheinung, die mit dem größeren Wasseralte des arteriellen Blutes zusammenhängt. In der That
d man bei einer vergleichenden Analyse des Pferdeblutes in
00 Theilen Blut folgende Verhältnisse:

	Venöses Blut	Arterielles Blut
Eiweiß und Salze . .	81,23	78,03
Faserstoff	4,97	5,30
Blutkörperchen . . .	98,67	96,87
Wasser	815,13	819,80

Vergleicht man diese Zahlen unter einander, so findet man,
ß das Verhältniß der Blutkörperchen und des Eiweißes zum
asser etwa dasselbe in beiden Blutarten ist, daß aber nicht
r die relative, sondern auch die absolute Menge des Faser-

stoffes im arteriellen Blute bedeutender ausfällt. Wir müssen diese Resultate hinnehmen, so wie sie die Chemie uns gibt; allein es ist nicht zu verkennen, daß sie mit den Ergebnissen des Athmungsprozesses nur schlecht im Einklang stehen. Diesem zu Folge sollte das arterielle Blut weniger Wasser enthalten, concentrirter sein, als das venöse, da in dem Athmungsprozesse Wasser ausgeschieden wird. In der That geben auch einige Chemiker das arterielle Blut als concentrirter und weniger wässerig an, als das venöse; allein die Mehrzahl widerspricht dieser Behauptung. Vielleicht hängt der größere Wassergehalt des arteriellen Blutes von der Zufuhr der Lymphe ab; diese ist bekanntlich viel wässeriger als das Blut, und da sie sich unmittelbar von dem Herzen in den venösen Strom ergießt, so betreffen die an venösem Blute angestellten Untersuchungen nur solches Blut, welchem sich die Lymphe noch nicht beigemischt hat.

Der Gehalt an Gasen, welche in dem Blute enthalten sind, scheint sehr nach den Umständen zu wechseln. In einem späteren Briefe werden wir genauer zu bestimmen suchen, an welche Bestandtheile des Blutes diese Gase gebunden sind; hier genügt es zu wissen, daß man durch die Luftpumpe sowohl, als auch durch Schütteln mit indifferenten Gasarten aus dem Blute Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff entwickeln kann, und zwar in folgenden Verhältnissen.

1000 Vol. Blut geben :

	Pferdeblut		Kalbsblut	
	arterielles	venöses	arterielles	venöses
Kohlensäure . .	70,2	47,0	71,0	55,6
Sauerstoff . . .	25,0	12,0	28,1	9,6
Stickstoff . . .	9,9	7,0	18,1	6,4
	105,1	66,0	117,2	71,6

Es geht aus einer einfachen Vergleichung hervor, daß das arterielle Blut im Ganzen bei weitem mehr Gase enthält, als das venöse, und daß außerdem zwar die relative Menge des

Sauerstoffs bedeutend erhöht sei, dagegen auch die absolute Kohlensäuremenge bedeutender ausfalle, als im venösen Blute; ein Resultat, welches freilich leider eben so wenig mit den aus den chemischen Bedingungen des Athmungsprozesses hervorgehenden Thatsachen stimmt, als der Wassergehalt der beiden Blutarten. Jedenfalls ist die Untersuchung des Gasgehaltes des Blutes eine der schwierigsten in der organischen Chemie und die Sicherheit der dadurch zu gewinnenden Resultate bei weitem nicht so groß, als die aus der Untersuchung der Athmungsprodukte hervorgehenden Folgerungen.

Das Verhältniß der Gase zum Blute ist sehr eigenthümlich und höchst wichtig zum Verständniß des Athmungsprozesses. Sauerstoff mit dunklem Blut geschüttelt, färbt dasselbe hochroth und entbindet Kohlensäure; Kohlensäure mit arteriellem Blute geschüttelt, färbt dessen rothe Farbe dunkel und wird verschluckt, aber ohne daß Sauerstoff entbunden würde. Durch Schütteln des so dunkel gefärbten Blutes mit Sauerstoff wird die hochrothe Farbe wieder hergestellt.

Nach Jahre lang fortgesetzten Streitigkeiten über die Ursache dieser Farbenveränderungen scheint es endlich festgestellt zu sein, daß die dunkle Farbe, wie sie in dem venösen Blute sich zeigt, die natürliche des Blutfarbestoffes ist, die durch Anwesenheit oder Abwesenheit von Kohlensäure nicht im Mindesten verändert wird, während im Gegentheile der Sauerstoff augenblicklich die Veränderung der dunkeln Nüance in die hellrothe bewirkt.

So wie das Blut in stetem Kreislaufe, in beständigem, mechanischem Umschwunge durch den Körper sich befindet, so ist es auch in gleicher Weise in stetem Wechsel der Bestandtheile, in continuirlicher Umbildung, Zersetzung und Erneuerung begriffen. Schon an den Blutkörperchen selbst hat man die mannichfachsten Anzeigen beständiger Umbildung wahrzunehmen geglaubt. Die Einen werden sehr schnell von Reagentien angegriffen, während die Anderen, welche daneben liegen, nur sehr langsam der Zerstörung nachgeben; hier sieht man, in ganz gesundem Blute,

einzelne aufgeschwollene, scheinbar in Auflösung begriffene Körperchen; dort andere, in deren Innerem körnige Bildungen, Krümchen oder Kerne auf eine niedere Stufe der Bildung deuten, während wieder andere, ohne Kerne, auf der höchsten Stufe der Entwickelung angekommen zu sein scheinen; in manchen Organen, wie namentlich in der Milz, findet man Blutkörperchen in Zellen eingeschlossen, in mancherlei Stufen der Auflösung oder Neubildung.

Die Neubildung des Blutes ist hauptsächlich durch ein sekundäres Gefäßsystem bedingt, welches mit dem Blutgefäßsysteme im Zusammenhang steht, und das man das Lymphsystem genannt hat. In allen Theilen des Körpers, mit Ausnahme der Knochen und des Gehirnes, finden sich feine, dünnwandige Kanäle, welche mit blinden Enden oder mit maschenförmigen Netzen in dem Gewebe beginnen, sich allmählich zu Stämmen zusammensetzen, die meist den Hauptblutgefäßen folgen, und endlich in einem großen Hauptstamm, dem Milchbrustgang, sich sammeln. Der Milchbrustgang läuft längs der Wirbelsäule im Innern der Brusthöhle hinan und ergießt sich in die linke Schlüsselbeinvene. Die Lymphgefäße zeichnen sich durch mehrere Eigenthümlichkeiten vor den Blutgefäßen aus. Vor allen Dingen enthalten sie eine so große Anzahl von inneren Klappen, daß sie meist, nach der Einspritzung, wie Perlschnüre aussehen. Außerdem sind ihre Wände dünner und die Zweige nur selten zu einzelnen Stämmen gesammelt. Selbst die größeren Stämme bilden mehr netzförmige Räume und nehmen sich etwa aus, wie ein mit reichlichen Inseln versehener Fluß. Außerdem sind die contraktilen Ringfasern in ihren Wänden bedeutend entwickelt und meist in verhältnißmäßig weit größerer Thätigkeit, als in den Blutgefäßen. Sie reagiren durch Zusammenziehung sehr intensiv auf äußere Reize, und es ist nicht selten, bei Operationen an lebenden Thieren Zusammenziehungen des Milchbrustganges und der größeren Lymphgefäße zu sehen. Diese Ringfasern sind indeß auch der einzige mechanische Apparat an den Lymphgefäßen zur Fortschaffung des

flüssigen Inhaltes. Bei dem Blutgefäßsystem ist der mechanische Apparat auf einen einzigen Centralpunkt, das Herz, zusammengezogen; bei den Lymphgefäßen sind die bewegenden Momente über den ganzen Verlauf verbreitet. Von Stelle zu Stelle, von der Peripherie gegen den Milchbrustgang hin fortschreitend, ziehen sich die Ringfasern zusammen und pressen die in dem Lymphgefäße enthaltene Flüssigkeit nach beiden Richtungen hin aus. Allein dem Ausweg gegen die Peripherie hin stellen sich die zahlreichen Klappen entgegen; die Flüssigkeit wird demnach gegen den Milchbrustgang hingetrieben. Sobald die Zusammenziehung nachgibt und das Gefäß sich öffnet, so strömt natürlich von der Peripherie her wieder neue Lymphe ein, die durch eine neue Contraktion wieder weiter geschafft wird.

Unstreitig ist indeß diese selbstständige Zusammenziehung der Lymphgefäße nicht das einzig wirksame Moment zur Fortbewegung ihres Inhaltes. Man hat die Bemerkung gemacht, daß in starren Theilen, die keiner selbstständigen Bewegung fähig sind, keine Lymphgefäße vorkommen, während sie da, wo Muskelcontraktion und räumliche Wechsel aller Art sich finden, in großer Anzahl vorhanden sind. Der abwechselnde Druck der umgebenden Theile wirkt gewiß ganz in derselben Weise, wie die selbstständige Contraktion. Er treibt die Flüssigkeit vorwärts und bei seinem Aufhören strömt wieder neue aus der Peripherie ein, welche, der Stellung der Klappen nach, bei erneuertem Drucke weiter befördert wird.

Die Anfänge der Lymphgefäße im Gewebe sind noch nicht so bekannt, wie es wünschbar wäre. Die Anordnung der Klappen, welche bis in die feinsten Aeste hin sich erhält, macht jede feinere Einspritzung der letzten Zweiglein außerordentlich schwierig, und unter dem Mikroskope gelingt es bei der hellen Farbe der darin eingeschlossenen Flüssigkeit nicht leicht, die feinsten Lymphgefäße aufzufinden und in ihrem Verlaufe zu verfolgen. In den Zotten des Darmkanales beginnen die Lymphgefäße jedenfalls mit einem einfachen oder gespaltenen Stamme, der gewöhnlich ein kolbiges Ende zeigt; in anderen Organen, wie namentlich

an der Leberoberfläche, zeigen sich weitmaschige Netze, aus Gefäßchen bestehend, die einen weit bedeutenderen Durchmesser haben, als die Capillaren der Blutgefäße.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Lymphgefäße besteht in den zahlreichen sogenannten Drüsen, durch welche sie hindurchgehen. Diese Gebilde, welche sich namentlich am Halse, in der Achselgrube und der Schenkelbeuge, sowie in dem Gekröse des Darmes in sehr großer Menge vorfinden, bestehen aus kleinen, meist etwa Haselnuß großen, bohnenförmigen halbfesten Körpern, innerhalb deren sich die Lymphgefäße in eine Menge verwickelter Zweige auflösen, die vielfach unter einander zusammen münden, eine nur sehr dünne äußere Haut haben und seitliche Aussackungen zeigen, die mit Drüsensäckchen einige Aehnlichkeit haben. Welchen Zweck diese Verknäuelungen der Lymphgefäße, auf denen sich zahlreiche Blutgefäße verbreiten, haben, ist noch nicht ermittelt worden. Jedenfalls stockt die Fortbewegüng der Lymphe in ihnen und deßhalb sind es auch diese Drüsen, welche vorzugsweise bei Einsaugung fauliger Substanzen, sowie in manchen Krankheiten, wie z. B. der Skrophelsucht, afficirt werden. Schon mancher Anatom hat eine kleine Verletzung, welche er sich bei der Sektion einer in der fauligen Zersetzung begriffenen Leiche zugezogen, mit den heftigsten Entzündungen und Vereiterungen der Achseldrüsen büßen müssen.

Der Beschaffenheit der Flüssigkeit nach, welche in den Lymphgefäßen nach dem Venensystem zugeleitet wird, unterscheidet man zwei Arten von Saugadern : die eigentlichen Lymphgefäße mit klarem, hellem, durchsichtigem Inhalte, welche aus allen Theilen des Körpers stammen, und die Chylus- oder Milchgefäße, welche von dem Darmkanal ausgehen, und sich durch ein meist trübes, milchiges Ansehen der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit auszeichnen.

Die Lymphe selbst, welche man schon in einigen seltenen Fällen aus Wunden am Fußrücken in ziemlich reichlicher Menge sammeln konnte, bietet in morphologischer und chemischer Hinsicht viel Aehnlichkeit mit dem Blute dar. Sie gerinnt wie dieses und bildet, indem ihr Faserstoff die in ihr enthaltenen

erchen umhüllt und einschließt, einen Kuchen wie das Blut,
nur dadurch sich unterscheidet, daß er farblos ist. Es
mmen in ihr Körperchen, welche mit den farblosen Körper=
die man im Blute in geringer Anzahl findet, identisch sind,
an denen man deutlich einen Kern und eine Schale unter=
en kann; sie sind bedeutend größer als die Blutkörperchen.
Der Chylus oder Milchsaft unterscheidet sich nur durch
n bedeutenden Gehalt an Fett von der Lymphe. Dies Fett
kleinen Tröpfchen oder Kügelchen in ihm abgelagert, und
Chylus erhält dadurch ein emulsionsartiges Ansehen. Die
ge dieses Fettes richtet sich durchaus nach der Nahrung.
hungernden Thieren ist der Chylus blaß, selbst ganz durch=
z; bei Genuß von stärkemehlhaltigen Substanzen wenig
, mehr noch nach Fleisch und Milch, völlig weiß und un=
sichtig nach Genuß von Butter.

Je näher der Chylus und die Lymphe dem Blutgefäßsysteme
ten, desto ähnlicher werden sie auch dem Blute selbst, ohne
dessen Zusammensetzung gänzlich zu erreichen. Die Kör=
en selbst, sowie die Flüssigkeiten werden allmählich röthlich,
namentlich scheint die Milz wesentlich zu dieser Röthung
ymphe beizutragen. Indeß wandeln sich die Lymphkörper=
innerhalb des Milchbrustganges noch nicht in vollkommene
örperchen um, eben so wenig als der Chylus selbst in
Zusammensetzung dem Blute gleicht. Eine nähere Ver=
ung der Analysen beider Flüssigkeiten gibt die Unterschiede
ch zu erkennen.

In 1000 Theilen	Pferd		Katze	
	Blut	Chylus	Blut	Chylus
toff	2,80	0,75	2,40	1,3
rchen . . .	92,80	4,00	115,90	48,9
. . . .	80,00	31,00	61,00	
ttivstoffe . . .	5,20	6,25		
. . . .	1,55	15,00	2,70	32,7
natrium . . .	—	—	5,37	7,1
alze . . .	6,70	7,00	1,63	2,3
ze	0,25	1,00	0,49	2,0
xyd	0,70	Spuren	0,51	Spuren
r	810,00	935,00	810,00	905,7

Die Unterschiede beider Flüssigkeiten springen in die Augen. Während der Chylus im Ganzen wasserhaltiger ist, als das Blut, so bieten die relativen Faserstoff- und Eiweißmengen nur geringe Verschiedenheiten dar; die in dem Blute enthaltenen Körperchen dagegen werden in dem Chylus durch eine bedeutende Menge von Fett gewissermaßen ersetzt. Auch die Extraktivstoffe wiegen in dem Chylus bedeutend vor und ebenso sind die Salze relativ in weit bedeutenderer Menge im Chylus als in dem Blute vorhanden. Der Milchsaft bietet demnach eine beständige Ersatzquelle des Faserstoffes und Eiweißes, während er zugleich einen Ueberschuß von Fett, Salzen, Extraktivstoffen und Wasser in das Blut überführt. Noch mehr als der Chylus nähert sich die Lymphe, da sie weit weniger Fett enthält, in ihrer Zusammensetzung dem Blute. Sie ist eine verdünnte Blutflüssigkeit, in welcher im Verhältniß zum Eiweiß und Fett die löslichen Salze und Extraktivstoffe vorwalten.

Berücksichtigt man nun, daß die Lymphe und der Chylus in unmittelbarer Nähe des Herzens in die Schlüsselbeinvene ergossen werden und nur das rechte Herz und die Lungen zu durchlaufen haben, um in den arteriellen Blutstrom zu kommen, so läßt sich schon a priori das wahrscheinliche Schicksal der einzelnen Bestandtheile des Chylus und der Lymphe errathen. Das überschüssige Wasser dunstet theils in den Lungen aus, theils wird es in den Nieren abgeschieden. Die Lymphkörperchen bilden sich im Blutstrome allmählig zu Blutkörperchen um; die überschüssigen Salze werden in den Nieren, dem Sekretionsorgan der salzigen Bestandtheile, entfernt, Faserstoff und Eiweiß bleiben in dem Plasma und ersetzen die demselben durch die Ernährung der Theile zugefügten Verluste. Das Fett löst sich großen Theils im Plasma auf und wird von diesem an bestimmten Orten abgesetzt.

Die Abhängigkeit, in welcher die Bildung des Chylus von der Art der Nahrung steht, ist so groß, daß man mit vollem Rechte zur Aufstellung des Satzes berechtigt ist, daß der Chylus zweier gleich genährter Thiere aus verschiedenen Gattungen nicht

verschieden ist, als derjenige zweier ungleich genährter Thiere
elben Gattung. Es beweist dies auf das Bestimmteste, daß
auffaugenden Milchgefäßen des Darmes keine Auswahl
er den ihnen dargebotenen Stoffen des Darminhaltes frei
t, sondern daß sie aufnehmen, was gerade absorptionsfähig
Stände ihnen eine Auswahl zu, so würde die Qualität des
lchsaftes nicht zu den Nahrungsmitteln in einem Abhängig=
sverhältniß stehen, sondern vielmehr bei einer und derselben
iergattung stets dieselbe Zusammensetzung haben, was, wie
iesen ist, nicht statt hat. Da mithin der Chylus in so naher
chselwirkung mit dem Blute und der Blutbereitung steht, so
diese auch wieder durchaus von der Art der Ernährung ab=
gig, und es ist sonach von der größten Wichtigkeit für die
hlfahrt des ganzen Körpers, daß die Aufnahme von Nah=
gsmitteln den Bedürfnissen der Blutmasse gehörig angepaßt
Wir werden in einem der folgenden Briefe darzuthun ver=
sen, daß die Milchgefäße hauptsächlich die Regenerationsquelle
Blutplasma's bilden, daß demnach von ihnen die normale
nährung des Körpers großen Theils abhängt, während trotz
starken, in den Blutgefäßen des Darmes thätigen Auffaugung,
e weniger die normalen, als die zufälligen Bestandtheile des
sma's aufnehmen.

Dritter Brief.

Die Verdauung.



Fig. 8. Der Rumpftheil eines weiblichen Körpers, senkrecht durchschnitten, um die Lage der Brust- und Bauch-Eingeweide zu zeigen.

a. das Herz. b. Bogen der Aorta. c. Gemeinschaftlicher Stamm der rechten Hals- und Schlüsselbeinschlagader. d. Linke Halsschlagader (Carotis). e. Linke Schlüsselbeinschlagader. f. Lungenschlagader. g. Lungenvene. h. Lungenfell. i. Herumschweifender Nerv (N. vagus). k. Zwerchfellsnerv. l. Linke Lunge. m, n, o. Zwerchfell. p. Linker Leberlappen. q. Mündung des Schlundes in den Magen (Cardia). r. Magen. s. Windungen des Dünndarms. t. Querdarm. u. Absteigender Theil des Dickdarmes. v. Biegung desselben w. Gebärmutter (Uterus). x. Harnblase. y. Mastdarm. z. Scheide. α. Das Schambein (Os pubis) quer durchgesägt. β. Lendenwirbel. γ. Rückenwirbel, nach rechts davon das Rückenmark in dem Kanal der Wirbel und darauf die Darmfortsätze der Wirbel mit den Muskelmassen des Rückens. δ. Die vordere Brustwand. $\varepsilon, \vartheta, \eta$. Die Muskelwand des Bauches.

Die Maschine des Organismus bedarf einer beständigen Speisung, einer steten Zuführung von Substanzen, aus welchen die im Umschwunge des Stoffwechsels zersetzten Theile und Gewebe wieder aufgebaut werden. Zu dieser Stoffaufnahme hat die Natur in dem thierischen Körper ein eigenthümliches Rohr geschaffen, welches in den höheren Thieren an beiden Enden geöffnet ist; einerseits um die zur Nahrung bestimmten Substanzen aufzunehmen, und am anderen Ende, um die Reste, welche nicht aufgenommen wurden, auszuwerfen. Dies Rohr heißt der Darmkanal oder Nahrungskanal. Seine äußeren Formen, so wie seine inneren Bildungen wechseln in größter Mannichfaltigkeit, je nach der Beschaffenheit der Nahrung und der Eigenthümlichkeit der Gattung. Im Allgemeinen besitzen fleischfressende Thiere ein kürzeres, weniger gewundenes Darmrohr, an welchem nur ein größerer Behälter, der Magen, angebracht ist; pflanzenfressende Thiere sind mit längerem, vielfach gewundenem Darmschlauche versehen, und nicht nur ist der Aufnahmebehälter, der Magen, öfter mehrfach vorhanden, sondern auch an anderen Stellen sind zuweilen seitliche Ausstülpungen, Blinddärme angebracht, in welchen die der Verdauung unterworfenen Nahrungsstoffe länger verweilen. Die innere Bildung des Darmrohres selbst ist, bei den höheren Thieren namentlich, nach einem und demselben Typus angelegt.

Man unterscheidet drei Schichten : die äußerste seröse oder Bauchfellschicht, die mittlere Muskelschicht und endlich die innere Schleimhautschicht, welche unmittelbar mit dem Inhalte des Darmes in Berührung steht. Die äußerste Schicht wird aus einer sehr glatten, schlüpferigen, sehnigen Haut gebildet, deren glänzende, stets feucht erhaltene Oberfläche das Gleiten der Darmstücke bei ihren Bewegungen sehr befördert. Diese Schicht ist eine Fortsetzung des die ganze Bauchhöhle auskleidenden Bauchfelles, das an der inneren Fläche der Wände der Bauchhöhle, am Zwerchfelle und der Rückenwirbelsäule befestigt ist und beim Ueberziehen des Darmes Duplikaturen bildet, an denen der Darm hängt, etwa wie die umgeschlagene Laufröhre an einem

Vorhange. Obgleich der Darm auf diese Weise in seiner ganzen Länge befestigt ist, so wird dennoch seinen Bewegungen ein weiter Spielraum gelassen, in dem das Gekröse, welches von den erwähnten Duplikaturen des Bauchfelles gebildet wird, vielfach zusammengefaltet ist. Die Bewegungen des Darmkanales gehen von der mittleren Muskelschicht des Darmrohres aus. Von dem Schlunde und Magen an zieht sich diese Schicht einfacher, dem Willen nicht unterworfener Muskelfasern bis zu dem Ende des Darmkanales fort. Ihrer großen Masse nach besteht diese Muskelschicht aus queren Muskelfasern, die ringförmig um das Darmrohr herumlaufen, und durch ihre, der Willkühr nicht unterworfenen Zusammenziehungen wellenförmig von oben nach unten fortschreitende Bewegungen veranlassen, welche die Physiologen mit dem Namen der peristaltischen Bewegungen zu bezeichnen gewohnt sind. An einzelnen Abtheilungen des Darmes, wie namentlich im Magen, findet man dagegen in mehrfacher Richtung sich kreuzende Muskelfasern, so daß die Bewegungen dieser Theile eine größere Mannichfaltigkeit besitzen. Während so die mechanische Funktion des Darmrohres, die Aufnahme, Fortbewegung und Ausstoßung der Nahrungsmittel, der Muskelschicht anheimfällt, ist die chemische Funktion wesentlich in der innersten Schleimhautschicht concentrirt. Durch diese Schicht werden verschiedene Säfte abgesondert, ohne deren Mitwirkung die Verdauung nicht zu Stande kommen könnte, und durch dieselbe Schicht werden alle Substanzen aufgenommen, die aus den Nahrungsmitteln in das Blut und in den Haushalt des Körpers übergeführt werden sollen. Die Bildung dieser Schleimhautschicht ist eine sehr verschiedene, je nach den verschiedenen Abschnitten des Darmes. In dem Magen finden sich fast nur cylindrische Drüsensäcke, einer neben den andern gestellt, wie hohle Pallisaden, die sogenannten Labdrüsen, welche vorzugsweise den Magensaft absondern. Gegen die Muskelschicht hin sind diese Labdrüsen kolbenförmig abgeschlossen. Die von ihnen abgesonderte Flüssigkeit bildet mit den abgestoßenen cylindrischen Zellen, welche ihre innere Fläche überziehen, einen zähen

Schleim, der sich nach und nach mit den Nahrungsmitteln auf das Innigste mengt. Schon auf der Pförtnerklappe des Magens, bei dem Uebergang in den Zwölffingerdarm, nimmt die im Magen sammetartig ebene Schleimhaut einen anderen Charakter an. Es erheben sich auf ihr kleine Falten, die stets höher, zuletzt cylindrisch oder zungenförmig werden, und die man in dieser Form die Darmzotten genannt hat. Diese Schleimhautzotten bestehen aus einer unbestimmt faserigen blassen Grundmasse, mit einem regelmäßigen Ueberzuge von cylindrischen Zellen, der sich fast wie ein Handschuhfinger abstreifen läßt. In der Achse der Zotte findet sich der Anfang des Lymphgefäßes, in der hellen, mit spindelförmigen Kernen durchsäeten Grundmasse verzweigen sich die Blutgefäße, welche meist aus einer kleinen Arterie stammen und in eine einzige Vene sich sammeln. Es umspinnen diese Blutgefäße die Zotte von allen Seiten, so daß man sich die Zotte im Ganzen etwa unter dem Bilde eines Fingers versinnlichen kann, der mit einem gestrickten Handschuh überzogen ist, so daß der Knochen dem in der Achse verlaufenden Milchgefäße, Fleisch und Haut dem Gewebe und der gestrickte Handschuh dem Blutgefäßnetze entsprechen wird. Die Schleimhautzotten haben nirgends Oeffnungen; alle Stoffe, welche durch sie aufgenommen werden sollen, können nur in flüssigem Zustande durch die auskleidende Zellenschicht hindurch in die Blutgefäße und in den im Centrum der Zotte befindlichen Lymphkanal gelangen. Aeltere Anatomen, welchen die Struktur der Zellen des thierischen Körpers noch unbekannt war, hielten die dunkeln Kerne dieser Zellen für Oeffnungen in den Zotten, und schlossen daraus, daß die Lymphgefäße mit offenen Enden die Stoffe aufsaugten; neue Untersuchungen haben die wahre Natur dieser dunkeln Punkte und die Struktur der letzten Enden der Lymphgefäße dahin aufgeklärt, daß die vermeinten Oeffnungen solide Kerne sind, welche in der das kolbige Ende des Lymphgefäßes umgebenden Masse der Zotte liegen.

Die Verdauung als solche, d. h. die Veränderung, welche die Speisen innerhalb des Darmrohres von der Mundhöhle an

bis zu ihrem Austritte erleiden, ist ein rein chemischer Prozeß, der, unter denselben Bedingungen außerhalb des Körpers wiederholt, ganz dieselben Resultate liefern würde. Es treten hier nicht, wie man so oft geglaubt hat, besondere vitale Kräfte ins Spiel, deren Analyse uns unmöglich ist; das Leben des Organismus ist nur insofern dabei thätig, als es die zu verdauenden Stoffe in der nöthigen Temperatur erhält, die zur Zersetzung dienenden Säfte und Reagentien liefert, die Filter zur Abscheidung der gelösten Substanzen herstellt und endlich die zur Fortschaffung der ungelösten Stoffe angewiesenen Kräfte in Anwendung bringt. Der Prozeß der Verdauung selbst aber ist der unmittelbaren Einwirkung des Organismus eben so gut entzogen, als jeder andere chemische Prozeß im Körper. Man hat schon oft darauf aufmerksam gemacht, daß die zur Verdauung vom Körper angestellten Operationen denen des Chemikers in vielen Beziehungen ähneln. Zuerst wird die Substanz zwischen den Zähnen zerkleinert, zerschnitten, zerrieben und mit einer fast indifferenten, sehr wässerigen Flüssigkeit, dem Speichel, gemischt. Nachdem sie so zur Einwirkung der verschiedenen lösenden Flüssigkeiten vorbereitet ist, wird sie in einer größeren Blase, dem Magen, dann in einem längeren Rohre, dem dünnen und dicken Darme, mit verschiedenen Säften ausgezogen, die Lösungen durch die Schleimhaut abfiltrirt und von Blut- und Lymphgefäßen aufgenommen, und der unbrauchbare Rest endlich, nach vollendeter Operation, weggeworfen.

Das Kauen und die dabei stattfindende Tränkung der Nahrungsmittel durch die Mundflüssigkeit, welche aus dem Mundschleime und der Absonderung der verschiedenen Speicheldrüsen zusammengesetzt ist, hat vor Allem nur den oben bezeichneten mechanischen Einfluß der Zerkleinerung und Einweichung. Der Speichel enthält nur außerordentlich wenig feste Bestandtheile, unter denen indeß ein äußerst kräftiger Gährungsstoff sich befindet, welcher gekochte Stärke oder Kleister fast unmittelbar in Zucker umsetzt. Diese gährungserzeugende Kraft des Speichels auf gekochte Stärke wird selbst durch die spätere Beimischung

des sauren Magensaftes nicht aufgehoben, die Umsetzung selbst aber wird befördert durch den Sauerstoff der Luft, von der beständig eine gewisse Quantität bei dem Kauen in den schleimigen Speichel eingeschlossen und dann beim Hinabschlucken in den Magen befördert wird. Wenn also die Speichelflüssigkeit einerseits das Hinabschlucken trockener Stoffe erleichtert und durch Verflüssigung der im Munde befindlichen Stoffe die Geschmacksempfindung vermittelt, so leitet sie andrerseits die Verdauung und Umsetzung der stärkemehlhaltigen Substanzen ein, welche immer weit schwieriger von Statten geht, als die des Fleisches und der übrigen blutbildenden Stoffe, wie z. B. des Faserstoffes und Eiweißes. Deßhalb sehen wir auch bei fleischfressenden Thieren das Kauen und die Einspeichelung nur sehr unvollständig geschehen; ihr Speichel selbst ist wässeriger und weniger schaumig. Pflanzenfresser dagegen haben Backzähne mit stumpfen breiten Kronen, zum Mahlen und Zerreiben tauglich, sie kauen die Nahrung vollständig und verwandeln sie schon im Munde mit Beihülfe eines schaumigen, sehr lufthaltigen Speichels in einen Brei, der sogar bei den Wiederkäuern zum zweiten Male aus dem Magen in die Mundhöhle heraufbefördert wird, um von Neuem zerkleinert und mit einer neuen Sauerstoffmenge durchknetet zu werden.

Der Bau der hinteren Theile des Mundes, des Gaumens und der Rachenhöhle ist vorzüglich darauf berechnet, den Bissen auf seinem richtigen Wege zu erhalten, und ihn weder nach oben in die hinteren Nasenöffnungen, noch nach vorn in den Kehlkopf und die Luftröhre ausweichen zu lassen. Das weiche Segel des Gaumens, das im Hintergrunde der Mundhöhle herabhängt, bildet gewissermaßen einen Teppichvorhang, den der Bissen wegdrängen und aufheben muß, um in den Schlund zu gelangen. Von der Seite her wirken die Gaumenbogen, welche man bei geöffnetem Munde sieht, durch ihr Zusammentreten. So von allen Seiten eingeschlossen und gedrängt, schlüpft der Bissen unter dem Gaumensegel durch und über den Kehldeckel weg in den Anfang des Schlundes, von wo er durch die

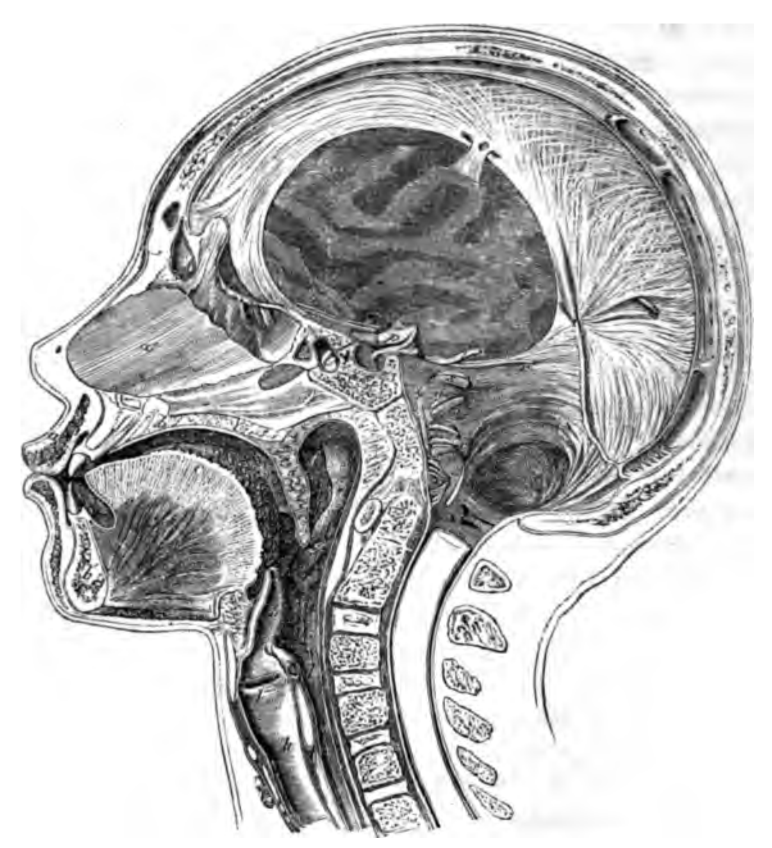


Fig. 9.
Längsdurchschnitt des Kopfes und oberen Halses in der Mittellinie.
a. Oberlippe. a'. Nasenscheidewand. b. Der knöcherne Gaumen, der die Nasenhöhle von der Mundhöhle trennt. c. Zunge. d. Der weiche Gaumen, der wie ein Segel zur Abscheidung der Rachen- und Nasenhöhle hinter der Zunge herabhängt. e. Das Zäpfchen. f. Die hintere Oeffnung der Nasenhöhle in die Rachenhöhle. g. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Kehlkopf. l. Schlund. Die übrigen Buchstaben der Figur finden später ihre Erklärung.

Zusammenziehung der Muskelfasern abwärts in den Magen getrieben wird. Die Oeffnung der Stimmritze im Kehlkopfe bietet eine ganz besondere Schwierigkeit auf diesem Wege. Die

Rachenhöhle hinter dem Gaumensegel ist der Kreuzungspunkt des Luftweges und des Nahrungsweges. Das regelrechte, gesundheitsgemäße, ruhige Athmen geschieht durch die Nase bei geschlossenem Munde. Die Luft streicht durch die Nasengänge und die hinteren Nasenöffnungen in die Rachenhöhle, von da durch die Stimmritze in den Kehlkopf (den sogenannten Adamsapfel) und weiter durch die unmittelbar unter der Halshaut gelegene Luftröhre in die Lungen. Die Speiseröhre liegt unmittelbar an der Wirbelsäule an — jeder Bissen streicht also über die Stimmritze weg nach hinten in die Speiseröhre — jeder Athemzug durchsetzt quer den Speiseweg. Der Kehldeckel schließt die Stimmritze beim Hinabschlucken — er klappt sich nach hinten über. Ist dieser Schluß unvollständig, so gelangt leicht der Bissen an die Stimmritze, die äußerst empfindlich ist, oder selbst in den Kehlkopf. Husten, Erstickungszufälle sind die Folgen des Verschluckens.

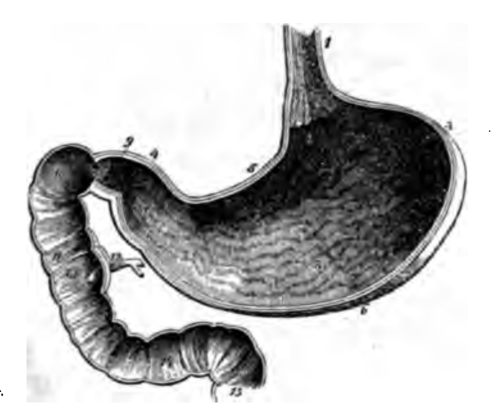


Fig. 10. Der Magen in Verbindung mit dem Zwölffingerdarm und dem unteren Ende der Speiseröhre, so aufgeschnitten, daß man die innere Fläche sieht. 1. Das längsgefaltete, untere Ende des Schlundes. 2. Oeffnung des Schlundes in den Magen (Cardia). 3. Der Magengrund. 4. Pförtnertheil. 5. Die kleine obere Krümmung. 6. Die große Magenkrümmung. 7. Der Eingang zum Pförtner. 8. Höhle des Magens. 9. Pförtner (Pylorus). 10. Quertheil. 11. Absteigender Theil des Zwölffingerdarms. 12. Gallengang und Pankreasgang. 13. Mündung dieser Ausführungsgänge in den Darm. 14. Unteres Ende des Zwölffingerdarms. 15. Dünndarm.

Die Nahrungsmittel gelangen auf diese Art schluckweise, in Form von Bissen, sobald sie fest sind, in den Magen, einen einfachen Sack mit dünnen, muskulösen Wänden. Es ist eine fast allgemein verbreitete Ansicht, nicht nur unter dem Volke, sondern selbst unter den Gebildeten, daß der Magen eine zweite mechanische Zerkleinerung vornehme, daß er die Speise von Neuem zerreibe. Dies ist durchaus falsch, und von der Ansicht der Mägen des uns gewöhnlich zur Speise dienenden Geflügels, der Hühner und Enten, hergeleitet, die freilich einen zur Zerreibung der Körner eingerichteten, mit starken Muskelmassen versehenen Magen haben. Bei dem Menschen beschränkt sich die Thätigkeit der Muskelwände auf unbedeutende Zusammenziehungen und Aufblähungen, wodurch der Inhalt des Magens im Sacke von oben nach unten gegen die Pförtnerklappe hin getrieben und wenn er nicht durch diese hinaus in den Darm tritt, wieder längs des oberen Magenrandes nach der Eintrittsöffnung zurückbewegt wird, so daß der Speisebrei (Chymus) im Kreise herum längs der Magenwände sich fortwälzt.

Die Magenbewegungen sind gewöhnlich so unmerklich, daß bei gesunden Personen keine Empfindung derselben stattfindet. Sie werden aber dann besonders empfindlicher, wenn sie bis zum Erbrechen sich steigern. Gewöhnlich geht diesem Akte eine gewaltige Depression der ganzen Lebensthätigkeit voraus, Frösteln und Blässe, Zittern, langsames Athmen, kleiner Puls und selbst Ohnmacht ähnliche Zustände. Zugleich fühlt man die wurmförmigen Bewegungen des Magens, besonders in der Pförtnergegend, auf das Deutlichste. Bei dem Brechakte selbst zieht sich besonders der Pförtner kraftvoll zusammen und führt gewissermaßen einen Stoß gegen den Mageninhalt aus. Zugleich aber wirken noch kräftiger die Zusammenziehungen der Bauchmuskeln und des Zwerchfells, die gewöhnlich noch dadurch unterstützt werden, daß der Magen durch eingeschluckte Luft aufgebläht wird. Die Wirkung der Bauchmuskeln ist so bedeutend, daß durch ihre Zusammenziehung allein sogar Erbrechen bei Thieren erzeugt werden kann, denen man den Magen

herausgeschnitten und an seiner Statt eine gefüllte Schweinsblase eingesetzt hatte. Wenn man aber aus dem Gelingen solcher Versuche schloß, daß der Magen durchaus unthätig bei dem Erbrechen sich verhalte, so war dies wieder eine zu weit getriebene Folgerung, da man durch Gegenversuche beweisen kann, daß die erwähnten Zusammenziehungen des Magens und besonders des Pförtners einen wesentlichen Einfluß üben. Jeder Theil für sich allein, der Magen und die Vereinigung der die Bauchhöhle umgebenden Muskeln, können das Erbrechen bewirken, in gewöhnlichen Fällen arbeiten aber beide gemeinschaftlich.

Nach dem Erbrechen treten ganz ähnliche Erscheinungen ein, wie nach einem Fieberanfalle. Die Wärme kehrt in die Extremitäten zurück, die Haut röthet sich, wird feucht und weich, die verschiedenen, das Nervensystem betreffenden Erscheinungen verschwinden. Zuweilen folgt noch eine höchst unangenehme, schmerzliche Periode nach, in welcher der krampfhaft zusammengezogene Magen sich selbstständig aufbläht und Luft von außen durch die Speiseröhre einzieht. Nach und nach tritt Alles wieder in das gewöhnliche Geleise, wenn nicht, wie bei der Seekrankheit, die Ursachen des Erbrechens anhaltend fortdauern.

Diese Ursachen können aber eben so gut in dem Magen selbst, als in anderen Theilen sich finden. Viele Magenkrankheiten sind constant von Erbrechen begleitet. Mechanische Reizungen, wie z. B. Stöße auf die Herzgrube, Krankheiten der benachbarten Eingeweide, erregen oft diese regelwidrigen Zusammenziehungen. Auch solche Einwirkungen, welche eine heftige Zusammenziehung der Bauchmuskeln bewirken, wie starker Husten, plötzliches Eintauchen in kaltes Wasser, können endlich zum Erbrechen führen. Reizungen der Zungenwurzel, des Gaumens, des Zäpfchens, erregen eben so gewiß Erbrechen, als gewisse Arzneien, unter denen der Brechweinstein und die Brechwurzel (Ipecacuanha) oben anstehen. Besonders wichtig ist aber auch noch die Sympathie des Magens und des Gehirnes. Häufiges Erbrechen ist oft das einzige Symptom, durch welches sich eine beginnende Hirnentzündung der Kinder verräth. Das halbseitige

Kopfweh, die Migräne, ist oft nur ein Symptom von Magenverstimmungen und wird andererseits gewöhnlich durch Erbrechen beendigt. Hirnerschütterungen durch Schläge und Fall pflegen fast immer Erbrechen hervorzurufen. Auch die erwähnten Brechmittel wirken nicht durch unmittelbaren Angriff des Magens, sondern durch Umstimmung des Nervensystemes. Denn Brechweinstein in das Blut gespritzt zeigt ganz dieselben Wirkungen, wie wenn er in den Magen gebracht worden wäre. Damit hängt es denn auch zusammen, wenn heftige Gemüthsaffekte und gewisse Vorstellungen und Sinnesanschauungen je nach der größeren oder geringeren Empfänglichkeit Ekel und Erbrechen erzeugen.

Das einzige Element, wodurch die Verwandlung der Speisen in einen gleichförmigen Brei bewirkt wird, ist der Magensaft, eine schwach saure Flüssigkeit, welche von den so zahlreichen Labdrüsen der Magenschleimhaut abgesondert wird. Schon ältere Versuche hatten diese Einwirkung des Magensaftes als unzweifelhaft dargestellt. Man hatte von Hühnern, Enten und Hunden kleine Blech- und Holzbüchschen verschlingen lassen, deren Wände durchlöchert waren, so daß die darin enthaltenen Nahrungsstoffe zwar von dem Magensafte durchdrungen werden, die Speisen selbst aber in keine Berührung mit den Magenwänden kommen konnten. Indem man nach einigen Stunden die Büchschen wieder an den Fäden, woran man sie befestigt hatte, hervorzog, konnte man die Einwirkung der stattgehabten Verdauung beurtheilen. Man fand dann die Büchschen leer; — die darin enthaltenen Substanzen waren aufgelöst, verdaut worden durch die alleinige Einwirkung des Magensaftes.

Aus Versuchen an Hunden hat man berechnet, daß ein Mensch von 130 Pfund Gewicht im Durchschnitte etwa 13 Pfund Magensaft täglich absondert, in welchem sich 1 bis höchstens 2 Prozent feste Stoffe in Wasser aufgelöst befinden. Gewöhnlich ist der Magensaft sauer, in ganz nüchternem Zustande, wo indessen verhältnißmäßig nur wenig abgesondert wird, zeigt aber der Magensaft oft diese saure Reaktion nicht. Man hat viel

über die Natur der freien Säure gestritten, ohne zu einem vollständigen Abschluß in dieser Hinsicht zu gelangen. Doch scheint es jetzt sicher, daß nur Milchsäure im Magensafte in freiem Zustande vorkommt, alle anderen Säuren dagegen entweder mit Basen zu Salzen verbunden, oder auch an gewisse organische Stoffe gekettet sind, wie es denn wahrscheinlich ist, daß die Salzsäure, die man oft überdestilliren kann und die auch bei fastenden Thieren einzig in dem Magensafte vorkommt, mit dem wesentlichen organischen Verdauungsstoffe, dem sogenannten Pepsin, zu einer eigenthümlichen organischen Doppelsäure gepaart ist. So viel steht sicher, daß nur ein sauer reagirender Magensaft verdaut und die Speisen chymifizirt; dagegen ein neutraler oder alkalischer keine verdauende Wirkung ausübt. Es war natürlich, daß man nach Erkenntniß dieser Thatsache auch der freien Säure im Magensafte allein die verdauende Kraft zuschrieb. Allein die Erfahrung, daß bei allzusaurem Magensafte, bei dem sogenannten Sodbrennen, die Verdauung nicht nur nicht gefördert, sondern im Gegentheile behindert war, ließ schon sehr an der Richtigkeit dieser Ansicht zweifeln und vergleichende Versuche ließen sie durchaus verwerfen. Speisen mit Magensaft außerhalb des Körpers in Gläschen digerirt, wurden verdaut, während verdünnte Säure keine oder nur äußerst geringe auflösende Kraft zeigte, die in keinem Verhältnisse mit derjenigen des Magensaftes stand.

Es ist leicht, sich eine Flüssigkeit zu verschaffen, die auch außerhalb des Körpers bei gehöriger Wärme durchaus dieselbe verdauende Kraft zeigt, wie der Magensaft im menschlichen Magen. Man braucht nur einen thierischen Magen mit Wasser auszulaugen und die so erhaltene schleimige Flüssigkeit mit einer angemessenen Quantität Säure zu versetzen und man hat eine Verdauungsflüssigkeit, welche Fleisch, Eiweißwürfel in einer Wärme, die derjenigen des Körpers entspricht, ganz in derselben Weise verdaut, wie in dem lebenden Magen auch. Die Substanzen zerfallen, werden durchscheinend und endlich aufgelöst, wobei sie eine trübe dickliche Flüssigkeit, einen wahren Speisebrei

bilden. Vielfache chemische Untersuchungen haben nun gelehrt, daß das verdauende Prinzip in dieser Flüssigkeit, wie in dem natürlichen Magensafte, aus einem eigenthümlichen organischen Stoffe besteht, der in seiner Zusammensetzung viele Aehnlichkeit mit dem Eiweiß hat, und ein eigenthümlicher Gährungsstoff ist, welcher mit Salzsäure gepaart, und bei Gegenwart von irgend einer freien Säure überhaupt, die Umsetzung und Auflösung der blutbildenden Stoffe unmittelbar bewerkstelligt. Dieser Verdauungsstoff oder Pepsin ist es, welcher dem Labmagen der Kälber die Kraft ertheilt, den Käsestoff der Milch augenblicklich zur Gerinnung zu bringen. Jedermann weiß, daß das Ueberraschende dieser Wirkung hauptsächlich in der geringen Menge von Lab liegt, die zur Gerinnung einer großen Quantität Milch nöthig ist. Das Pepsin wirkt überall in ungemein geringem Verhältniß, es braucht nur $\frac{1}{6000}$ des so rein als es bis jetzt möglich war dargestellten Stoffes in der Flüssigkeit vorhanden zu sein und sie zeigt noch gerinnende und verdauende Kraft. Nach der stattgehabten Verdauung findet sich die gleiche Menge Pepsin in der Flüssigkeit wieder. Mithin wirkt dieses nicht durch Verbindung mit den Nahrungsstoffen, es löst dieselben nicht auf, etwa wie Silberoxyd von Salpetersäure aufgelöst wird, indem sich die beiden Stoffe zu einem löslichen Salze verbinden. Das Pepsin wirkt einzig durch seine Gegenwart und leitet die Zersetzung und Auflösung der blutbildenden Stoffe ganz in ähnlicher Weise ein, wie die Hefe die Gährung des Zuckers einleitet, ohne selbst dadurch verändert zu werden. Mit der Hefe, der Diastase, vielleicht auch mit einigen thierischen Giften, gehört das Pepsin zu der Klasse der Gährungskörper oder Fermente, Körper, welche selbst in steter Umsetzung begriffen, gewisse mit ihnen in Berührung kommende organische Verbindungen auch dann zu schleuniger Zersetzung bestimmen, wenn sie selbst nur in höchst geringer Menge mit ihnen in Berührung kommen. Zu den Eigenthümlichkeiten dieser Stoffe gehört ihre Wirkung in verhältnißmäßig außerordentlich kleinen Mengen, ihre stete Wiedererzeugung während des Prozesses der Umsetzung,

ihr unverändertes Vorhandensein nach Beendigung desselben, und das Geknüpftsein dieser Wirkungen an mancherlei, oft unscheinbare Bedingungen. Zu diesen letzteren gehört bei dem Pepsin die Gegenwart der freien Säure, die allein für sich genommen eben so unwirksam ist, wie das Pepsin, das der freien Säure entbehrt.

Wir sehen also, daß in dem Magen schon die Masse der aufgenommenen Nahrungsmittel mit zwei Gährungsstoffen verschiedener Wirkung gemengt ist, die einander in ihrem Einflusse nicht aufheben : mit Speichelstoff, welcher die gekochte Stärke umsetzt, mit saurem Pepsin, welches die Blutbildner auflöst. Wir werden sehen, daß diese Scheidung der Einwirkung auf die Blutbildner einerseits, auf die stärkemehlartigen Stoffe, die sogenannten Fettbildner andrerseits auch weiterhin auf dem Wege der Speisen durch den Darmkanal sich wiederholt, und daß hier ein ähnlicher Wechsel Statt findet, wie wenn ein Chemiker, um verschieden lösliche Stoffe aus einer Substanz auszuziehen, dieselbe abwechselnd mit sauren und alkalischen Flüssigkeiten behandelt.

Das Resultat der Magenverdauung ist ein gleichförmiger, weißlicher Brei, der Chymus oder Speisebrei, der seiner Vermischung mit dem Magensafte zu Folge sauer reagirt. Daß dieser Brei keine vollständige Auflösung der Nahrungsmittel darstelle, ist klar; es ist ein Gemenge, in dem einige Substanzen wirklich aufgelöst, andere chemisch verändert, noch andere nur aufgeweicht sind; namentlich ist dieses der Fall mit den organischen Stoffen, welche ihre Struktur gänzlich verlieren, mit Ausnahme der Holzfaser und der hornigen Theile; — Federn, Klauen, Haare, Spelzen und Schaalen der Früchte erhalten sich unverändert im Magen. Das genossene Fett wird bei der hohen Temperatur von 30° R., die im Magen herrscht, meist flüssig und findet sich in Tropfen im Breie vertheilt. Der Käsestoff der Milch gerinnt im Magen, wird aber dann eben so wie Muskelfaser, geronnener Faserstoff, Knorpel, selbst Knochen und die meisten thierischen Stoffe in eine strukturlose Gallert

verwandelt. Die stärkemehlhaltigen Substanzen scheinen meist chemisch verändert zu werden; sie sollen sich theilweise in Traubenzucker verwandeln; die meisten Zuckerarten gehen in saure Gährung über; die Blutbildner, Faserstoff und Eiweiß, welche im Magen aufgelöst wurden, verlieren dadurch ihre Gerinnbarkeit, werden mithin ebenfalls wesentlich verändert. Die Untersuchung über die Umänderungen, welche die verschiedenen Nahrungsstoffe in dem Magen erleiden, sind bei weitem noch nicht auf dem Punkte angelangt, wo sie sein sollten; namentlich hat man bis jetzt noch versäumt, mit den auf künstlichem Wege, mittelst natürlichen oder künstlichen Magensaftes, erhaltenen Verdauungsprodukten endosmotische Versuche anzustellen, um sich zu versichern, welche von diesen Stoffen schon im Magen aufgesaugt werden und welche, auch nach vollendeter Umwandlung in Chymus, noch der Dünndarmverdauung zu ihrer Assimilation bedürfen.

Sobald der Speisebrei die Pförtnerklappe des Magens überschritten hat und in den Dünndarm eingetreten ist, so mengen sich ihm die Absonderungsprodukte zweier bedeutender Drüsen, der Bauchspeicheldrüse und der Leber, zu. Letztere namentlich hat von jeher in der Medizin und in den physiologischen Ideen der Aerzte sowohl als des Volkes eine eminente Rolle gespielt, und in manchen Ländern Europa's schreibt wenigstens der zweite Kranke alle Uebel, welche ihn betreffen, der Galle zu. Manche dieser Vorurtheile können wir dreist als solche zurückweisen, vielen dürfen wir nur bedingungsweise entgegen treten, und zu den meisten können wir leider weder Nein! noch Ja! sagen; denn wir müssen eingestehen, daß von allen chemischen Einwirkungen auf die Verdauung diejenige der Galle gerade am wenigsten, ja so gut wie nicht bekannt ist, und daß wir, nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen, nicht einmal vollständig begreifen können, warum uns die Natur diese größte aller Drüsen, die Leber, in den Unterleib gesetzt hat. Erst in den allerneuesten Zeiten scheint ihr Bau in einigermaßen befriedigender Weise aufgeklärt worden zu sein. Schon durch die Art

und Weise der Anordnung ihrer Blutgefäße tritt die Leber ganz aus der Reihe aller andern Drüsen heraus. Ihre Arterie steht in gar keinem Verhältniß zu ihrer Größe, und die großen, weitschichtigen Netze, welche die arteriellen Capillaren bilden, zeigen wohl, daß sie zu der Gallensekretion in weniger Beziehung stehen, sondern mehr der Ernährung des Drüsengewebes gewidmet sind. Für diesen Mangel wird die Leber indeß dadurch entschädigt, daß alles venöse Blut, welches vom Darmkanale zurückkommt (mit Ausnahme der obersten und untersten Theile, welche keinen Bezug mehr zur Verdauung und Aufsaugung haben), daß alles dieses Darmblut, wie schon oben erwähnt wurde, sich in einen einzigen Stamm sammelt, die Pfortader, und daß dieser venöse Stamm sich dann wieder in der Leber verzweigt und dieser gegenüber ganz dieselbe Rolle spielt, wie bei den übrigen absondernden Drüsen die Blut zuführende Arterie.

Die Pfortader vertheilt sich in sehr feine Maschennetze, aus welchen sich dann nach und nach die Lebervenen zusammensetzen, welche das Blut in die große Hohlader und somit in die rechte Vorkammer des Herzens führen. Die Stoffe also, welche durch die Aufsaugung im Darme aus den Nahrungsmitteln in das Blut aufgenommen worden sind, gelangen nicht in den allgemeinen Kreislauf, bevor sie nicht einmal durch die Capillargefäße der Pfortader hindurchgegangen sind.

Mit dieser außergewöhnlichen Anordnung der Blutgefäße sind indeß die anatomischen exceptionellen Verhältnisse der Leber noch nicht erschöpft. Alle andern ausführenden Drüsen des Körpers kommen in ihrem Baue insofern überein, daß sie aus Röhren gebildet sind, welche mit blinden Enden beginnen, und durch ihr Zusammentreten endlich einen Hauptausführungsgang bilden, welcher das Sekret weiter befördert. Die absondernden Röhren haben einen weit bedeutenderen Durchmesser, als die capillaren Blutgefäße, und werden an den Netzen derselben umsponnen. Man könnte sich die absondernden Drüsenkanäle mit ihren umspinnenden Blutgefäßnetzen etwa unter dem Bilde

einer mit einem Seidenhandschuh bekleideten Hand vorstellen, wo die Finger die Drüsenkanäle, das Seidengewebe mit seinen Maschen die Netze der Blutgefäße repräsentiren würden. In der Leber verhalten sich die absondernden Gallenkanäle durchaus anders. Sie lösen sich zuletzt in ein Netz auf, das aus eben so feinen Röhren besteht, als die Capillargefäße selbst, das eben so complicirte Maschen zeigt, als diese, und beide Gewebe durchdringen sich so wechselseitig, daß nur vermöge der inneren Struktur, oder nach einer gelungenen Einspritzung vermittelst der verschieden gefärbten Massen, entschieden werden kann, welche dieser feinsten Röhrchen und Netze aus Gallenkanälen, welche aus Blutgefäßen gebildet sind. Ich muß auch hier wieder die Zuflucht zu einem trivialen Vergleiche nehmen, welcher aber vielleicht diese Anordnung klarer macht, als eine lange Beschreibung. Man stelle sich einen aus zweierlei Fäden gestrickten Strumpf vor, dessen Maschen so in einander greifen, daß sie sich wechselseitig ausfüllen und verdrängen; man nehme ferner an, daß dieses Gewebe eben so in die Dicke fortgestrickt sei, wie es beim Strumpfe in die Breite geschieht, und man wird sich auf diese Weise ein ungefähres Bild der Leberstruktur entworfen haben. Diese innige Durchdringung der blutführenden und gallabsondernden Kanäle bedingt indeß keine Verschmelzung beider; hier so wenig wie in den andern Drüsen findet ein Uebergang der Blutgefäße in die absondernden Kanäle Statt; nirgends existirt eine solche offene Communikation; Stoffe aus dem Blute können in der Leber sowohl wie in den anderen Drüsen nur auf die Weise in die absondernden Kanäle gelangen, daß sie aufgelöst als Flüssigkeit durch die überall geschlossenen Wände der Gefäße durchschwitzen. Die Gallenkanäle selbst sind durch keinen Zwischenraum von den höchst feinen Wandungen der Capillargefäße getrennt, und nach der Behauptung einiger Forscher mit besonderen Zellen, den sogenannten Leberzellen, belegt, während andere diese Zellen als abgerissene Stücke der feinsten Gallengänge ansehen wollen. Mag die eine oder andere Ansicht die richtige sein, so viel ist sicher, daß in

keiner Drüse eine so innige Durchbringung und vielfältige Berührung der Blutgefäße und absondernden Kanäle Statt findet, als gerade in der Leber; — eine Struktur, die nothwendig auf die Absonderung selbst einen bedeutenden Einfluß ausüben muß.

Die Galle selbst ist eine bitterlich schmeckende, klare Flüssigkeit von grünlich-gelben Farbe, die meistens der Beimischung von Gallenschleim wegen eine alkalische Reaktion besitzt. Ihre äußerst leichte Zersetzung hat vielfache Streitigkeiten unter den Chemikern herbeigeführt, die endlich dahin gelöst sind, daß man die Galle als eine Auflösung von Kali- und Natronsalzen betrachten muß, die durch zwei eigenthümliche Säuren gebildet werden, welche in ihrer Zusammensetzung insofern einige Aehnlichkeit mit den Fettsäuren haben, als sie sehr reich an Kohlenstoff sind. Beide Säuren enthalten indeß eine geringe Menge Stickstoff, die eine, die sogenannte Choleïnsäure, auch noch etwas Schwefel, während die Cholsäure oder Gallensäure durchaus schwefelfrei ist. Außerdem finden sich in der Galle noch zwei Farbestoffe, ein grüner und ein brauner, welche im Darmkanale allmählig verharzt werden und den Excrementen ihre Farbe ertheilen. Es geht aus dieser Zusammensetzung hervor, daß die Galle im Ganzen eine sehr kohlenstoffreiche Absonderung ist, und somit in direktem Gegensatze zu dem Harne steht, in dessen organischen Bestandtheilen der Stickstoff die bedeutendste Rolle spielt.

Aus Versuchen an Hunden hat man berechnet, daß ein erwachsener Mensch von 130 Pfund Körpergewicht etwa 3 Schoppen Galle in 24 Stunden durch seine Leber bereitet und in den Zwölffingerdarm überführt. Und auf der anderen Seite hat man durch vergleichende Untersuchungen der Nahrungsmittel und der Excremente nachgewiesen, daß höchstens $1/8$ der festen Bestandtheile der Galle mit dem Kothe weggeht, $7/8$ dagegen in dem Darme selbst wieder aufgesaugt werden. Die Galle gehört also nicht zu den reinen Absonderungen des Körpers, sondern vielmehr zu denjenigen Flüssigkeiten, welche zur inneren Ver-

arbeitung, zur Stoffmetamorphose des Körpers dienen, und nach geleistetem Dienste wieder in das Blut aufgenommen werden.

Welches sind aber die bis jetzt nachgewiesenen Dienste der Galle? Die Antwort hierauf ist schwierig, und nur langsam ist man zu einigen positiven Kenntnissen in dieser Hinsicht gelangt. Daß die Funktion der Leber von höchster Wichtigkeit sei, lehren schon der äußere Anschein, sowie die Krankheiten dieses Organs, das bei den meisten Thieren vorkommt und einen bedeutenden Umfang besitzt. Krankhafte Destruktion der Leber führt fast unvermeidlich zum Tode, und Versuche an Thieren haben gezeigt, daß bei direkter Ausführung der Galle aus dem Körper das Leben meistens gefährdet ist. Man hat vielfache Versuche in der Art angestellt, daß man bei Hunden den Gallengang, der in den Darm führt, so unterband und durchschnitt, daß keine Galle mehr in den Darm gelangen konnte. Man öffnete dann, um die Gallenabsonderung selbst nicht zu hindern, die Gallenblase, und heilte die Oeffnung so in die Bauchwände ein, daß die Galle nach außen ergossen wurde. Auf diese Weise war die Funktion der Leber selbst nicht im Geringsten beeinträchtigt. Die Galle wurde nach wie vor abgesondert, allein statt in den Darm, durch die in der Gallenblase angebrachte Fistelöffnung nach außen ergossen. Alle so operirten Thiere zeigten, wenn sie überhaupt den operativen Eingriff überstanden, eine große Gefräßigkeit, und meistens auch, wenn das Leben längere Zeit erhalten wurde, eine bedeutende Abmagerung, die besonders das Fett betraf. Bei einigen Wenigen nur, bei denen die Magenverdauung kräftig genug war, die großen Mengen eingenommener Nahrung zu überwinden, stellte sich der durch den Ausfluß der Galle bewirkte Verlust wieder her. Die meisten Thiere gingen an vollständiger Abmagerung zu Grunde. Bei allen aber beobachtete man einen entsetzlichen Gestank der Excremente, ja selbst der Athmungsluft, und man konnte somit nicht bezweifeln, daß ein wesentlicher Einfluß der Galle in einer fäulnißwidrigen Wirkung auf den Darminhalt besteht. Wenn auch die Magenverdauung vollkommen

ungestört bleibt, so ist doch offenbar die Abwesenheit der Galle durch die faulige Zersetzung der im Darmkanale befindlichen blutbildenden Stoffe und durch die übermäßige saure Gährung der Pflanzennahrung ein bedeutendes Krankheitsmoment.

Ein zweiter wichtiger Einfluß der Gallenflüssigkeit ist die Vermittlung der Aufsaugung des Fettes und seine Ueberführung in die Lymphgefäße.

Es existirt ein unerschütterliches Gesetz in der Lehre von der Durchdringlichkeit thierischer Membranen durch Flüssigkeiten, welches festsetzt, daß nur solche Flüssigkeiten durchdringen und sich durch die Membranen hindurch austauschen, welche unter sich und mit der Befeuchtungsflüssigkeit der Membran mischbar sind. Oel und Fett dringen nicht durch eine mit Wasser getränkte Membran, und umgekehrt. Nun sind aber die Häute des Darmkanales, die Wände der einsaugenden Gefäße, der Speisebrei, kurz alle bei der Verdauung und Resorption in Betrachtung kommenden thierischen Theile, mit wässerigen Flüssigkeiten getränkt. Die Aufnahme von Fett in den Chylus, der Durchgang von freien Fetten durch diese Membranen wäre demnach eine reine physikalische Unmöglichkeit, wenn nicht ein Mittel gegeben wäre, welches das Fett auf irgend eine Art im Wasser löslich und dadurch auffaugungsfähig machte. Die Seifen sind im Wasser lösliche Fettverbindungen, Salze von Fettsäuren mit alkalischen Basen gebildet. Die Galle ist allerdings im Stande, mit Fettsäuren lösliche Seifen zu bilden. Da man aber vorzugsweise neutrale Fette genießt, so finden diese Eigenschaften nur dann Platz, wenn sich Fettsäuren in dem Darme bilden, was allerdings unter dem Einflusse der Alkalien der Galle nach und nach geschehen muß. Hierzu kommt aber noch, daß das verseifte Fett beim Durchtritte durch thierische Häute, welche mit wässerigen Flüssigkeiten genetzt sind, das in feine Tröpfchen und Kügelchen vertheilte Fett mechanisch überführt. Jeder, der mit chinesischer Tusche oder mit Wasserfarben gemalt hat, weiß, daß man nur ein wenig Galle (die Maler benutzen gewöhnlich Hechtsgalle) unter die Farbe zu mischen braucht, um

auf fettigem Papier, das sonst die Farbe nicht gleichmäßig annimmt, die Farben dennoch gleichartig auftragen und ausbreiten zu können. In mit Galle benetzten Haarröhrchen steigt flüssiges Fett in die Höhe, in mit Wasser benetzten nicht. Die Galle vermittelt demnach die Mischbarkeit fetter und wässeriger Flüssigkeiten, die Berührung der im Darmkanal enthaltenen Fette mit den Darmzotten, und den Uebergang durch deren von Wasser durchtränkte Substanz in die Milchgefäße. Nach Unterbindung des Gallenganges findet man auch in der That in den Milchgefäßen des Darmes meist nur eine opalisirende oder ganz durchsichtige Flüssigkeit. Versuche an Hunden lehrten indeß, daß nach Ausschließung der Galle zwar die Fettaufnahme in die Milchgefäße nicht ganz aufhörte, daß aber dennoch weit weniger Fett aufgenommen und in den Organismus übergeführt wurde. So fand man in dem Chylus oder Milchsafte eines gesunden Hundes 3,302 Theile Fett und Fettsäuren auf 100 Theile Flüssigkeit, während ein Hund mit einer Gallenfistel, bei dem die Galle nicht in den Magen gelangte, nur 0,303 Theile Fett in seinem Chylus zeigte. So scheint denn aus den jetzigen Untersuchungen immer mehr und mehr das Resultat hervorzugehen, daß die Galle wesentlich dazu dient, die neutralen Fette aus dem Darme in das Blut überzuführen und daß die Gefräßigkeit der Thiere darauf beruht, daß sie durch vermehrte Nahrungsaufnahme den Abgang an Stoff, den ihnen die gestörte Fettaufnahme verursacht, auf andere Weise zu ersetzen suchen, während zugleich das im Körper aufgespeicherte Fett zur Deckung dieses Abganges verzehrt wird.

Wir gedenken hier nur beiläufig noch einiger Verhältnisse, auf die wir vielleicht im Verlaufe noch zurückkommen werden. Die oben auseinander gesetzte Struktur der Leber beweist eine innige Wechselwirkung des Blutes und der abgesonderten Gallenflüssigkeit. Die Anordnung des Kreislaufes, wodurch alles von dem Darmkanal herkommende Blut erst durch das Filtrum der Leber durchgehen muß, ehe es weiter in dem Körper circuliren kann,

deutet darauf hin, daß eine besondere Thätigkeit der Leber vorhanden sein müsse, die auf das Blut Bezug hat.

Diese Schlüsse rechtfertigen sich vollkommen bei genauerer Untersuchung. Die Leber ist der Schauplatz tief eingreifender chemischer Veränderung, die wir nur zum Theile noch kennen. So hat man nachgewiesen, daß in ihr bedeutende Mengen von Traubenzucker sich bilden, der durch die Lebervenen in das Herz und in die Lungen geführt und dort so verarbeitet wird, daß in dem arteriellen Blute kaum mehr eine Spur davon nachgewiesen werden kann. Dieser Zucker bildet sich ohne Zweifel in der Leber selbst; denn das Blut der Pfortader enthält wenig oder keinen Zucker, das Blut der Lebervenen dagegen eine bedeutende Menge, und in dem Lebergewebe selbst findet sich der Zucker ganz unabhängig von äußeren Verhältnissen, bei Thierkost wie bei Pflanzenkost, beim Hungern und im Winterschlafe, ja selbst bei der Frucht im Mutterleibe. Bei Fröschen, denen man die Leber weggenommen hat, und die nach dieser Operation selbst noch vierzehn Tage leben können, findet man keinen Zucker im Blute. Daß demnach dieser Zucker ein Umsetzungsprodukt verschiedener Stoffe sei, die in dem Pfortaderblute sich befinden, unterliegt wohl keinem Zweifel; — in welcher Beziehung er aber zu anderweitigen Zersetzungsprozessen steht, ist noch unermittelt.

Man kennt ferner eine ganze Classe von Giften aus dem Thier- und Pflanzenreiche, welche nur bei unmittelbarer Einführung in das Blut schnell tödtlich wirken, das Woorara, das berüchtigte Pfeilgift der Indianer, das Schlangengift*) sind in

*) Vielseitig ist noch der Glaube verbreitet, daß die Schlangen stechen. Steht es ja doch geschrieben: Er wird der Schlange den Kopf zertreten, sie aber wird ihn in die Ferse stechen. Es gibt in Deutschland nur eine giftige Schlange, die Kreuzotter oder Viper, die, wie alle übrigen Giftschlangen, zwei in den Schläfen, also am Kopfe liegende Giftdrüsen hat, deren Saft durch zwei hohle Hakenzähne beim Bisse in die Wunde fließt.

dieser Hinsicht bekannt genug. Schon seit langer Zeit wußte man, daß Viperngift z. B., wenn auch in bedeutender Menge in den Magen gebracht, dennoch von diesem Orte aus durchaus keine Wirkung habe, während der Biß der Schlange, durch den eine weit geringere Menge dieser Flüssigkeit in das Blut eingeführt wird, selbst den Tod verursachen kann. In dieser Eigenschaft der genannten Gifte liegt auch die Ursache, daß das augenblickliche Aussaugen eines Schlangenbisses, durch welches man das Gift entfernt, ehe es in den Blutstrom übergeführt ist, das sicherste Heilmittel und zugleich das ungefährlichste für denjenigen ist, der das Aussaugen vornimmt. Ich entsinne mich in Jugendschriften, neuerdings vielleicht auch in Zeitungen, mehrere Fälle dieser Art als Akte eines übermenschlichen Heroismus und eines außerordentlichen Opfermuthes dargestellt gelesen zu haben; — eine Hilfeleistung dieser Art ist sicherlich das wohlfeilste Opfer, das man erfinden kann. Ja ein Mensch, der an einer Stelle gebissen wurde, wo er sich selber das Blut aussaugen kann (an der Hand, am Vorderarm z. B.), kann auch sich selber auf diese Weise die wirksamste Hilfe bringen, und er wird sogar ohne Gefahr das Ausgesogene hinabschlucken können. Die genannten Gifte stehen in ähnlichem Verhältnisse zu der Blutmasse, wie das Pepsin zur Milch, oder die Hefe zum Zucker; — sie sind Gährungsstoffe, welche, wenn auch in kleiner Menge eingeführt, eine tödtliche Zersetzung der ganzen Blutmasse bewirken. Werden sie dagegen in den Magen gebracht, so gelangen sie in das Blut der Pfortader, durch diese in die Leber, und in dem Capillarkreislaufe dieses Organes werden sie selber zersetzt und umgewandelt, so daß sie auf die Centren des Lebens, und namentlich auf das Nervensystem, keine schädliche Wirkung mehr ausüben können. Man kann leicht nachweisen, daß gerade der Durchgang durch die Leber es ist, welcher diese Gifte zerstört, so daß die Leber gewissermaßen als Wächter an dem Uebergange der im Darmkanal aufgenommenen Stoffe in den allgemeinen Blutkreislauf dasteht. Eine Auflösung von Woorara-Gift in die Lungen gespritzt tödtet ganz in derselben

Weise, wie wenn das Gift unmittelbar in die Blutmasse gebracht würde. Es wird in der Lunge von den Haargefäßen derselben aufgesaugt, und gelangt so in den großen Kreislauf und zu den Nervencentren, ohne durch die Leber hindurchgegangen zu sein.

Versuche an Fröschen haben gezeigt, daß nach der Wegnahme der Leber die Ausathmung der Kohlensäure aus dem Blute bedeutend verringert ist, die Zahl der farblosen Blutkörperchen im Verhältniß zu den farbigen bedeutend vermehrt, so daß also in der Leber ein bedeutender Umsatz Statt findet, wodurch die Verbrennung und die Weiterbildung der Blutelemente gefördert wird.

Doch kehren wir von dieser Abschweifung zu den im Darme enthaltenen Nahrungsmitteln und ihrem Schicksale zurück. Wir sagten oben, daß außer der Galle noch eine zweite Flüssigkeit in den unmittelbar hinter dem Magen gelegenen Darmtheil, den Zwölffingerdarm, ergossen werde. Diese Flüssigkeit ist der Bauchspeichel, das Absonderungsprodukt der Bauchspeicheldrüse oder des Pancreas. Es ist eine klare, wasserhelle, klebrige Flüssigkeit, die durch Kochen gerinnt und besonders die Eigenschaft hat, die Stärke in Dextrin und Zucker, sowie die neutralen Fette in Fettsäuren umzuwandeln. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Zucker hauptsächlich schon in dem Zwölffingerdarme durch die vereinte Einwirkung von Galle und Bauchspeichel in Milchsäure übergeführt und daß aus dieser Milchsäure endlich Buttersäure entsteht, und somit die Ueberführung der stärkemehlartigen Substanzen in Fett vollendet wird. Auf die Fette selbst hat der Bauchspeichel ganz dieselbe Wirkung, wie die Galle, indem er eine Emulsion mit ihnen bereitet und dadurch ihre Ueberführung in das Blut vermittelt. Eine ausschließliche Einwirkung des Bauchspeichels aber auf die Fette, wie sie von einem neueren Forscher behauptet wurde, ist von Anderen vielfach widerlegt worden.

Bei dem weiteren Fortrücken der Nahrungsmittel durch den Darm wird nur noch der Darmsaft hinzugefügt, der stark

alkalisch ist, aber nur in geringerer Menge abgesondert wird und denselben Einfluß auf den Stärkekleister erzeugt, welchen auch der Bauchspeichel besitzt. So wird denn nach und nach die saure Reaktion des durch Beimischung der Galle grünlich-gelb gewordenen Speisebreies durch die Alkalien getilgt, so daß in dem unteren Theile des Darmes die alkalische Reaktion vorherrscht. Die durch den Magensaft aufgelösten Blutbildner, wie Eiweiß, Faserstoff und Käsestoff, sind in dem unteren Theile des Darmes längst verschwunden und aufgesaugt, die stärkemehlartigen Stoffe größtentheils in Zucker, Milchsäure und Buttersäure verwandelt und als Fett übergeführt. Das freie Fett ist ebenfalls nach und nach in die Blut- und Chylusmasse eingedrungen. Je näher der Speisebrei dem Dickdarme kommt, desto bräunlicher wird seine Farbe durch die Umänderung des Gallenfarbstoffes, die von jenem eigenthümlichen Kothgeruche begleitet ist, welche sich wesentlich von dem eigentlichen Fäulnißgeruche unterscheidet.

Aus der Analyse der Excremente geht hervor, daß die unverdaulichen Stoffe der Nahrung, wie Horn, Holz, die Zellenwände der Pflanzen, mit den Resten der Galle und dem Darmschleim die Hauptmasse derselben bilden, und daß nur außerordentlich wenig lösliche Stoffe sich noch darin finden. Bei überschüssiger Fleischnahrung sieht man stets noch unvollständig aufgelöste Muskelfasern, Sehnenstückchen und Fettzellgewebe; bei Pflanzennahrung findet man die aus Cellulose oder Holzstoff bestehenden Formgebilde zwar unverändert wieder, aber ihres löslichen Inhaltes beraubt; bei überschüssiger Pflanzennahrung erhalten sich besonders die Stärkemehlkörner am längsten, so daß man z. B. nur selten das Stärkemehl nach Kartoffelnahrung in den Excrementen vermissen wird.

Betrachten wir den Verdauungsprozeß im Ganzen nach seinen Resultaten, so ist er eine chemische Operation des Organismus, welche die Aneignung der dem Körper tauglichen Substanzen aus den Nahrungsmitteln entweder durch einfache

Auffaugung oder doch tief eingreifende Umsetzung zum Zwecke hat. Die Betrachtung der Nahrungsmittel, ihre Eigenschaften in physiologischer Hinsicht und ihre Beziehungen zu dem Haushalte des menschlichen Körpers ist aber zu wichtig, als daß wir derselben nicht einen besonderen Brief widmen sollten.

Vierter Brief.

Die Nahrungsmittel.

So lange bis den Bau der Welt
Philosophie zusammenhält,
Erhält sie das Getriebe
Durch Hunger und durch Liebe,

sagte der Dichter vor einem halben Jahrhundert von der Natur und bis heute noch sind die beiden Triebfedern, die er nannte, die einzigen, welche Leben und Bewegung in der gesammten thierischen Welt erhalten. Noch mächtiger aber wohl als der Trieb der Fortpflanzung, der mehr in individuellen Gränzen seine Macht übt, ist derjenige der Selbsterhaltung, welcher unumschränkt herrscht, und einer jeden Thiergattung die Nahrung bestimmt, welche ihrer Organisation angepaßt ist. Wir werden in der Folge sehen, daß der thierische Körper beständig durch Athmung und Absonderung bedeutenden Verlust an Stoff erleidet, der ersetzt werden muß, wenn der Körper selbst nicht zu Grunde gehen soll. Durch eigenthümliche Gefühle wird dem Bewußtsein der Mangel des Organismus und sein Begehren nach frischer Zufuhr von Nahrungsstoffen kund gethan. Hunger und Durst werden unter gewöhnlichen Verhältnissen nur dann empfunden, wenn das Bedürfniß fester oder flüssiger Speise gefühlt wird. So gewöhnlich auch diese Empfindungen wiederkehren, so schwer ist es, sich klare Auskunft über ihre Entstehung zu geben. Es fragt sich, ob die Empfindung dieser Bedürfnisse an einzelne Organe geknüpft sei, oder ob sie dem noch dunklen Felde des Allgemeinbewußtseins angehöre?

Es ist eine Thatsache, daß Appetit oder Hunger augenblicklich durch Aufnahme fester Stoffe in den Magen gestillt werden kann, und daß bei leerem Magen das Bedürfniß frischer Zufuhr gefühlt wird. Daß die Entstehung des Hungers demnach auf einem bestimmten Zustand des Magens beruhe, und von diesem Organe aus durch die Magennerven dem Bewußtsein klar werde, kann nicht geläugnet werden. In einem späteren Briefe werden wir sehen, welche Nerven des Organismus spezieller die Empfindungen und Bedürfnisse des Magens dem Gehirne zuleiten. Hier können wir nur darauf hindeuten, daß der Hunger nicht einfach auf dem Magen allein beruht, sondern daß auch das Gemeingefühl wesentlichen Antheil daran nimmt. Substanzen, welche nicht verdaut werden und dem Organismus keinen Stoff zur Aufnahme bieten, vermögen zwar durch Füllung des Magens augenblicklich, aber nicht auf längere Zeit hin das Gefühl des Hungers zu stillen. Thiere bieten alle Zeichen des Hungers, wenn sie mit Substanzen gefüttert werden, die zwar den Magen füllen, aber durch ihre Zusammensetzung nicht geeignet sind, das Leben des Organismus zu erhalten. Andrerseits ist es aber auch die Leere des Magens allein nicht, welche das Hungergefühl bewirkt. Man hat Morgens unmittelbar nach dem Erwachen, wo der Magen gewiß vollkommen leer ist, nur sehr geringen Appetit; zwei bis drei Stunden nach dem Essen ist bei gesunden kräftigen Menschen die Magenverdauung vollkommen beendet und der Magen vollkommen leer, während das Hungergefühl erst einige Stunden später eintritt. Dies Gefühl beruht demnach offenbar nicht auf dem Zustand des Magens allein, sondern auch auf dem Verhältnisse der eingeführten Nahrungsstoffe zu der gesammten Oekonomie des Körpers. Der lokale Zustand des Magens und die allgemeine Speisung der organischen Maschine durch Substanzen, welche ihren Verlust zu decken vermögen, dies sind die beiden Faktoren, welche bei Erzeugung dieses Gefühles zusammenwirken, und je nach Verhältniß der Dinge in dem einen oder anderen Falle bedeutender hervortreten. Den einen dieser Faktoren, den lokalen Magen-

zustand, können wir leicht in seinen verschiedenen Phasen erforschen; das Gemeingefühl des Organismus hingegen beruht auf zu mannigfachen wechselnden Grundlagen, wie auf der Mischung der gesammten Blutmasse, des Pfortaderblutes, des Chylus und der Lymphe und deren Wechselwirkung auf die Nerven, so daß eine genauere Analyse zur Zeit noch unmöglich ist.

In ähnlicher Weise zersplittert sich auch das Gefühl des Durstes. Mund- und Rachenhöhle spielen hier die Rolle des Magens; Durst wird jedesmal empfunden, sobald diese Theile trocken werden. Fieberkranke, Leute, die viel und stark athmen, oder durch Gewürze und Schärfen die Empfindlichkeit der Nerven der Schleimhaut steigern, fühlen so lange Durst, bis Mund- und Rachenhöhle in den gewöhnlichen Feuchtigkeitsgrad gebracht werden können. Sicherlich beruht auch die Thatsache, daß bei großer Hitze und Trockenheit der betreffenden Theile reines Wasser weniger den Durst löscht, als schleimige Getränke, auf dem einfachen Grunde, daß ersteres schnell verdunstet, während letztere die Feuchtigkeit länger zurückhalten. Allein wir wissen bei heftigeren Graden des Durstes eben so gut das Gefühl der Trockenheit im Munde von dem allgemeinen Bedürfnisse nach Flüssigkeit zu unterscheiden, als wir auf der anderen Seite Durst fühlen können, ohne daß unsere Mundhöhle gerade trocken ist. Wem ist es nicht schon bei anstrengenden Märschen im Sommer begegnet, daß er mit ausgedörrtem Gaumen und lechzender Zunge an einem Brunnen ankam, dort bis zu gänzlicher Sättigung und Anfüllung des Magens trank, und dennoch beim Verlassen der Quelle noch Durst empfand, der erst nach einiger Zeit verschwand, nachdem das in den Magen gebrachte Wasser aufgesaugt und in das Blut übergegangen war? Hunger und Durst sind demnach complexe Gefühle, wodurch der Organismus sein Bedürfniß nach Aufnahme von Stoffen kund giebt; die unmittelbare Empfindung derselben ist an bestimmte Organe, den Magen und die Mundhöhle, geknüpft, während das allgemeine Bedürfniß wahrscheinlich durch die Wechselwirkung zwischen

dem Inhalte der aufsaugenden Gefäße und ihrer Nerven bedingt wird.

Nicht jede Nahrung indessen ist für jedes Thier angemessen, die Einen leben nur von pflanzlicher, die Anderen nur von thierischer Kost, während Andere wieder aus beiden Naturreichen zugleich ihre Nahrung beziehen. Die Organisation eines jeden Thieres entspricht seiner Lebensweise und seiner Nahrung, und wenn auch die Gesetze der thierischen Bildung nicht in so enge Gränzen sich beschränken, als man zu glauben geneigt sein könnte, so ist doch im Allgemeinen die Uebereinstimmung eines jeden Organtheiles mit dem Plane des Ganzen so auffallend und der Bau jedes Theiles so sehr dem Bau der übrigen Theile angepaßt, daß oft schon aus einem einzelnen Theile die Bestimmung des Ganzen erschlossen werden kann. Werfen wir einen Blick auf die dem Menschen näher stehenden Thiere, die Säugethiere, so sehen wir, daß besonders die Bewegungsorgane und die Zähne es sind, welche in engerer Beziehung zu einander stehen und darauf hindeuten, welche Nahrung dem Thiere angewiesen sei. Der Fleischfresser hat mehr oder minder spitze, dolch- oder messerartige Zähne mit schneidenden Kronen und senkrecht in einander passenden Kegelhöckern und Vertiefungen, zum Festhalten und Zerreißen der Beute; — der Pflanzenfresser dagegen zeigt derbe Zähne mit platten Kronen und vorspringenden Leisten, welche zum Zerreiben und Zermahlen der Nahrung geeignet sind. Den Zähnen nach ist der Mensch auf Benutzung beider Naturreiche angewiesen, sein Gebiß nähert sich dem der Früchte fressenden Affen einerseits, der Alles fressenden Schweine andrerseits, und die Erfahrung hat schon längst bestätigt, daß eine zweckmäßige Mischung pflanzlicher und thierischer Kost den wesentlichsten Einfluß auf die Beförderung des leiblichen Wohles ausübe und der Zweck einer jeden vernünftigen Ernährungsweise sein müsse. Wir werden in dem Verlaufe sehen, daß namentlich in kälteren Zonen mehr Fleischnahrung, in wärmeren mehr Pflanzennahrung vorherrscht, daß aber die ausschließliche Pflanzenkost im Allge-

meinen dem Individuum eine bedeutend größere Verdauungsarbeit bei verhältnißmäßig geringerer Ausbeute aufbürdet.

Die Kluft, welche nach früheren Ansichten thierische und pflanzliche Nahrung trennte, ist indeß bei weitem so groß nicht, als man sich gewöhnlich vorstellt. In rein chemischer Beziehung lassen sich zwar bedeutende Unterschiede finden, die aber im Laufe der Verdauung auf rein quantitative Beziehungen reducirt werden. So lange man freilich glaubte, der Stickstoff sei dem Pflanzenreiche fast durchaus fremd und für die thierischen Substanzen charakteristisch, so lange konnte man von einer totalen Verschiedenheit überzeugt sein, und von thierischer Nahrung als von Stickstoffnahrung, von Pflanzennahrung als von stickstofflosex Nahrung reden; — jetzt aber, wo man nachgewiesen hat, daß alle Pflanzen Stickstoff enthalten, und zwar jene eigenthümlichen stickstoffhaltigen Körper, die wir in einem früheren Briefe unter dem Namen Blutbildner bezeichneten: jetzt steht nur noch der empirische Satz fest, daß thierische Kost stickstoffreicher ist, als pflanzliche. Wir essen kein Fleisch, welches nicht Fett, mithin eine stickstofflose Substanz enthielte; wir verzehren kein pflanzliches Produkt, ohne eine geringe Menge pflanzlichen Faserstoffes und Eiweißes aufzunehmen. Der Unterschied zwischen pflanzlicher und thierischer Nahrung besteht demnach hauptsächlich darin, daß in letzterer die blutbildenden stickstoffreichen Verbindungen, in ersterer die kohlenstoffhaltigen, stickstofflosen Substanzen überwiegen.

Der chemischen Zusammensetzung der Stoffe nach, welche wir in den Nahrungsmitteln erhalten, kann man mehrere Gruppen unterscheiden, die in ihrer Beziehung zu den Organen des Körpers äußerst verschieden sind. Da in dem Organismus kein chemischer Grundstoff bereitet werden kann, überhaupt eine Erzeugung von Stoff im Organismus ganz unmöglich ist, so müssen alle diejenigen Bestandtheile, aus welchen der Körper sich aufbaut, demselben von Außen zugeführt, alle Ausgaben durch Einnahmen von Außen her ersetzt werden. Die Thätigkeit des lebenden Organismus muß sich nothwendiger Weise auf die

Umsetzung und verschiedenartige Combinirung der eingeführten Grundstoffe beschränken.

Eine Neuerzeugung von Materie findet in dem Körper eben so wenig Statt, als sonst irgendwo in der Welt. In vielen Köpfen spukt freilich noch die Ansicht, als könne der Organismus Stoffe erzeugen, als könne er Eisen, Kali, Kalk oder sonst irgend einen chemischen Grundstoff aus dem Nichts schaffen. Man kann jetzt dreist behaupten, daß nur die Unwissenheit, die nicht sehen und hören will, Vorstellungen dieser Art mehr oder minder klar ausgeprägt hegen kann, Vorstellungen, die sich darauf stützen, daß diese Grundstoffe in anderer Form dem Organismus zugeführt und in diesem in eine neue Gestalt umgeprägt werden. Wir müssen demnach alles dasjenige, was in der Zusammensetzung des Organismus aufgefunden und aus demselben durch den Stoffverbrauch ausgeführt wird, wieder ersetzen, und wir können diejenigen Stoffe, welche zu diesem Ersatze dienen, als Nahrungsmittel im weitesten Sinne des Wortes bezeichnen. So gehören denn ebenso das Wasser und die unorganischen Bestandtheile, wie die eiweißartigen und stickstofflosen Stoffe, zu den nothwendigen Nahrungsmitteln, ohne deren Einführung der Organismus zu Grunde gehen würde. Daß alle diese Stoffe, diese Nahrungsmittel im weitesten Sinne des Wortes, nöthig seien, geht leicht aus dem Wesen des lebenden Organismus hervor. Hier ist nichts stabil; es ist keine Ernährung denkbar ohne Zerstörung auf der einen Seite und Bauen auf der anderen; das gebildete Muskelfleisch, die vorhandene Faser sind nicht zu ewiger Dauer bestimmt, sondern werden stets wieder zerstört und neu gebildet. Diesen ewigen Umschwung, diesen steten Wechsel der Materie hat schon das Volk sehr wohl begriffen, wenn es einfach behauptet: der Mensch erneuere sich alle sieben Jahre gänzlich; — die Physiologen sind freilich noch nicht so weit gekommen, den Zeitpunkt mit völliger Sicherheit bestimmen zu können, finden aber doch weit geringere Zeiträume für diese Erneuerung.

Die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir mit dem Namen der **Blutbildner** bezeichneten, und von denen wir in dem Blute selbst zwei Haupttypen: den Faserstoff und das Eiweiß, erkannten, sind namentlich in den thierischen Körpern in größter Menge angehäuft. Alle Organe des Körpers ohne Ausnahme sind mit eiweißhaltigem Wasser, das unmittelbar aus der Blutflüssigkeit herkommt, durchdrungen. In den meisten Organen findet sich auch noch mehr oder minder geronnenes Eiweiß, wie namentlich im Gehirne und den Nerven. Die große Masse des Muskelfleisches der Thiere besteht aus Faserstoff, der freilich nicht ganz dieselben Eigenschaften zeigt, wie der Faserstoff des Blutes; auch die Hornstoffe und die leimgebenden Gebilde haben einige Aehnlichkeit mit den Eiweißstoffen und können wahrscheinlich unmittelbar aus denselben hervorgehen. Man sieht demnach, daß der Körper in seinen wesentlichsten Theilen und seiner großen Masse nach aus diesen Stoffen zusammengesetzt ist, und daß die Zufuhr derselben die erste und wesentlichste Grundbedingung einer zweckmäßigen Nahrung sein muß. Blut und Fleisch der Thiere bieten die unmittelbare Regeneration dieser Stoffe dar. Es giebt aber außerdem noch eine Menge von Nahrungsmitteln, welche dieselben in bedeutender Quantität enthalten und die man deßhalb nicht mit Unrecht die plastischen Nahrungsmittel genannt hat, indem aus ihnen vorzugsweise die Neubildung des Plasma oder der Blutflüssigkeit mit ihrem Eiweiß- und Faserstoffgehalte hervorgeht. So sehen wir denn außer Fleisch und Blut in den Eiern das Eiweiß, in der Milch den Käsestoff als wesentlich plastischen Bestandtheil, und in den meisten Pflanzen, ja man kann sagen in jedem lebensthätigen Pflanzentheile, finden wir plastische Bestandtheile in größerer oder geringerer Quantität. Das Pflanzeneiweiß zeigt sich in löslichem Zustande in allen Pflanzensäften, wenn auch nur in geringer Quantität. Der Pflanzenfaserstoff ist nicht minder allgemein verbreitet, und sondert sich gewöhnlich mit Blattgrün vermischt aus den frischen Pflanzensäften unmittelbar nach ihrer Auspressung in Form eines gelatinösen Niederschlages ab. In

den Gräsern, in deren Saft dieser Stoff am reichlichsten vertreten ist, scheint er sich nach und nach in eine verwandte Substanz umzusetzen, die man den Kleber genannt hat, die besonders in dem Getreide in bedeutender Menge vorkommt. Aus dem Weizenmehle, in dem dieser Stoff am reichlichsten vorhanden ist, erhält man ihn einfach dadurch, daß man das Mehl in einem Beutel von grober Leinwand unter beständigem Wasseraufgießen so lange knetet und verarbeitet, bis das abfließende Wasser nichts mehr mit sich führt. In den Samen der Hülsenfrüchte, der Erbsen, Bohnen und Linsen, findet sich endlich eine bedeutende Quantität eines eigenthümlichen Stoffes, den man mit dem Namen Legumin, Erbsenstoff oder Pflanzen-Caseïn belegt hat, weil er in der That mit dem Käsestoff der Milch viel Aehnlichkeit hat. Es unterliegt keinem Zweifel, daß alle diese Stoffe durch die chemische Thätigkeit der verschiedenen Organismen ineinander übergeführt werden können, daß z. B. Säuglinge, die in der Muttermilch nur Käsestoff erhalten, aus demselben den Faserstoff ihres Blutes und ihrer Muskeln, das Eiweiß ihrer Organe bereiten, und daß andrerseits eine säugende Frau, die sich nur von Brod und anderen pflanzlichen Stoffen nährt, aus diesen Stoffen nicht nur Blut und Fleisch ihres eigenen Körpers, sondern auch den Käsestoff ihrer Milch bereitet.

Auf diese Thatsachen fußend hat man schon öfter versucht, die verschiedenen Nahrungsmittel hinsichtlich ihres Werthes für die Ernährung zusammenzustellen, und hierbei als wesentlichen Punkt den Gehalt derselben an blutbildenden oder plastischen Stoffen in das Auge zu fassen. Ganz genau kann eine solche Zusammenstellung nicht sein, da einerseits Form und Löslichkeit der Stoffe verschieden sind, so daß wir nicht im Voraus wissen können, welche Verdauungskraft der Organismus zur Bewältigung der dargebotenen Nahrung aufwenden muß, und da wir andererseits auch nicht berechnen können, welcher Kraftverbrauch nöthig ist, um den einen der blutbildenden Stoffe in den anderen überzuführen. Indessen liefern solche übersichtliche Zusammenstellungen der Nahrungsmittel doch wenigstens der Wahrheit sich

nähernde Resultate, die um so mehr beachtet sein wollen, wenn es sich nicht nur um das Individuum, sondern auch um die Verproviantirung im Großen handelt. Man gestatte mir ein Beispiel hier anzuführen. Bei einer Theuerung ließ die Regierung von Bern in Genua Reis ankaufen und pries sich und ihre Weisheit, als ihr gelungen war, den Reis fast zu demselben Preise zu erhalten, wie den damals sehr theuren Weizen, welchen man durch den Reis ersetzen wollte. Man braucht nur einen Blick auf die nachfolgende Tabelle zu werfen, um sich zu überzeugen, daß der Reis nur ein Dritttheil der blutbildenden Stoffe enthält, die in dem Weizenmehle vorkommen, und daß, abgesehen von der Form des Brodes, in welche der Reis gar nicht gebracht werden kann, die Regierung von Bern in angestammter gouvernementaler Unwissenheit für dieselbe Menge von nährenden Stoffen, welche sie beim Ankaufe von Weizen hätte erhalten können, das Dreifache an Geld ausgab.

Nutritionsscale nach dem Reichthume der Nahrungsmittel an eiweißartigen Verbindungen im frischen Zustande:

	Prozentzahl der Blutbildner in frischem Zustande.	Prozentzahl des Wassergehaltes.
Käse (frischer)	68	32
„ (schweizer)	62	28
Eisubstanz ohne Schale . .	20	57
„ mit Schale . . .	18	52
Eigelb	15,76	51,48
Eiweiß	12—13,8	85
Fleisch von Säugethieren . .	14—16	77
„ von Fischen . . .	12—14	80
Muttermilch	5,4 — 1,9	91,4 —86,1
Milch von Kühen	7,2 — 6,7	85,7 —82,3
Eselsmilch	1,6 — 1,9	90
Weizenmehl	11,69—19,17	12,73—13,85
Roggenmehl	10,34—15,96	13,78—14,68
Reis	6,27— 3,8	15,14
Buchweizenmehl	5,84	15,12
Gerste	12,26—15,35	16,79—13,80
Erbsen	24,41	13,43—19,50
Bohnen	24,71	13,41
Große weiße Bohnen . . .	24.67	15,80
Linsen	26,50	13,01
Weiße Kartoffeln	2,49	74,95

	Prozentzahl der Blutbildner in frischem Zustande.	Prozentzahl des Wassergehalts.
Blaue Kartoffeln	2,37	68,94
Möhren	1,48	86,10
Rothe Rüben	2,83	81,61
Gelbe Rüben	1,54	83,28
Kohlrüben	1,54	87,78
Zwiebeln	0,46	93,78

Eine zweite Klasse von Nahrungsstoffen bieten die stickstofflosen Substanzen, die **Fettbildner**, die man auch, obwohl nicht ganz mit Recht, die Respirationsmittel genannt hat. Wir kennen im thierischen Organismus von stickstofflosen Substanzen eigentlich nur die Fettarten. Man hat sich gewöhnt, dieselben als etwas Wandelbares zu betrachten, und, verleitet durch die bei verschiedenen Individuen so äußerst verschiedene Fettanhäufung im Zellgewebe, zwischen den Muskeln und Eingeweiden, hat man das Fett nur als einen accidentiellen Stoff betrachten wollen. Zum Theil hat dies seine Richtigkeit; — aber auch nur zum Theil, denn Fett gehört eben so nothwendig zur Zusammensetzung fast aller Formelemente, die wir im Körper finden, als Faserstoff und Eiweiß. Das Gehirn und die Nervensubstanz, das Drüsengewebe, selbst das Muskelfleisch und die Haut; — alle Gewebe fast ohne Ausnahme enthalten eine gewisse, mehr oder minder große Menge Fett als nothwendigen Bestandtheil. Daß dieses nothwendige Fett denselben Gesetzen der Ernährung unterliegen müsse, wie die stickstoffhaltigen Bestandtheile, kann keinem Zweifel unterliegen; daß demnach die Speisen ebenfalls Fett oder in Fett wandelbare Stoffe liefern müssen, ist ein nothwendiges Bedürfniß der Existenz des Organismus. Allein dieser nimmt mehr, als er unumgänglich nöthig hat, von diesen Stoffen auf, er übersättigt sich damit, er setzt sie in den Zwischenräumen des Zellgewebes in Form von Fett ab, um sie zu allenfallsigem Gebrauche bereit zu haben.

Ist dieses richtig, so geht daraus unwiderleglich hervor, daß die stickstofflosen Bestandtheile der Nahrungsmittel nur dann als Ersatzmittel für den Stoffverbrauch im Organismus ange-

sehen werden können, wenn es möglich ist, ihren Uebergang in Fett nachzuweisen. Was nicht Fett werden kann, findet keine Anwendung im Organismus, und wird deßhalb entweder gar nicht aufgenommen, oder wenn die Substanz physikalischen Gesetzen zufolge von den Gefäßen ausgesaugt wird, so schaffen die Absonderungsorgane sie auch unverändert aus dem Organismus wieder hinaus. Die fleischfressenden Thiere erhalten Fett unmittelbar in ihrer Nahrung, und zwar meistens noch im Ueberschusse, da im Allgemeinen die grasfressenden Thiere, welche ihnen zur Beute dienen, durch reichliche Fettentwicklung sich auszeichnen. In dem Pflanzenreiche sind es hauptsächlich die Samen, welche eine bedeutende Menge von Fett enthalten, und viele Pflanzen, wie Mohn, Lein, Oliven, Sesam, Reps, werden lediglich des Oelgehaltes ihrer Früchte und Samen wegen angebaut. Auch die gewöhnlichen Gräser und grünen Pflanzentheile enthalten eine geringe Quantität von Fett, die aber nicht hinreicht, um die Fettentwicklung in vielen pflanzenfressenden Thieren zu erklären. Man fragte sich also, woher dieses Fett, welches namentlich bei der Mästung in so großer Quantität erzeugt und im Körper der gemästeten Thiere abgesetzt wird, stammen könne.

Ich berühre hier den heftigen Streit, welcher vor nicht langer Zeit zwischen Frankreichs und Deutschlands chemischen Koryphäen geführt wurde und wo endlich, nach hartem Kampfe, das linke Rheinufer sich überwunden erklären mußte. Die Einen, auf die Thatsache fußend, daß die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir in unserer Nahrung einnehmen, nur dann wirklich ernährend und Verluste ersetzend sich zeigen, wenn sie in ihrer Zusammensetzung mit den im Körper vorhandenen Stickstoffverbindungen identisch sind; Thatsache, welche von beiden Partheien als gegründet anerkannt wurde —; die Einen, sagte ich, dehnten diese Thatsache zum allgemeinen Gesetz aus und behaupteten, der thierische Organismus schaffe in der Verdauung überhaupt gar nichts um, er bewirke keine neuen Verbindungen, sondern ziehe die ihm nothwendigen Stoffe aus den Nahrungsmitteln

nur aus und gebe ihnen die passende Form. Das Pflanzenreich, behaupteten sie, sei das große Laboratorium der organischen Verbindungen im Allgemeinen; in den Pflanzenzellen würden der Faserstoff, das Eiweiß, die Fette, kurz alle thierischen Bestandtheile bereitet und auf diese Weise den pflanzenfressenden Thieren fertig geboten, welche durch ihre Verdauung diese Stoffe nur auszögen und in ihrem Organismus verwendeten. Auch das Fett, welches in der Mast befindliche Thiere ansetzten, werde nicht von ihnen aus anderen Stoffen bereitet, sondern sei schon in den gebotenen Nahrungsmitteln als fettähnlicher Stoff (meist Pflanzenwachs) angehäuft. Zum Beweise dieser Ansicht lieferte man neue Analysen der Pflanzennahrung, des Wälschkorns, Heues u. a. m., und wies in der That eine größere Quantität fettiger Stoffe in diesen Materien nach, als man bisher angenommen hatte. Derjenige deutsche Chemiker indeß, welcher zuerst die Behauptung aufgestellt hatte, daß der Thierorganismus in der That aus Zucker, Stärkemehl und andern stickstofflosen Substanzen Fett bereiten könne, und sich dabei namentlich auf bekannte Erfahrungen über die Wachserzeugung der Bienen und auf das Mästen der Thiere im Allgemeinen berufen hatte, wies einfach nach, daß die Exkremente einer milchenden Kuh eben so viel Pflanzenwachs enthielten, als sie in der Nahrung bekam, und dadurch war auch seine Behauptung bewiesen. Jetzt, wo die französischen Chemiker sich durch eigene Versuche überzeugt haben, daß die Bienen wirklich in ihrem Innern den Zucker in Wachs verwandeln; jetzt, wo ein unpartheiischer, im Elsaße wohnender Beobachter nachgewiesen hat, daß die Gänse in der That aus dem Stärkemehl und Zucker des Wälschkorns, die Schweine aus dem Stärkemehl der Kartoffeln Fett bereiten; jetzt kann kein Zweifel mehr über die Thatsache sein, daß der Organismus zum Theil sich seine Stoffe und namentlich das Fett aus anderen ihm dargebotenen Verbindungen schafft.

Auf welche Weise indeß diese theilweise Umbildung der Nahrungsmittel bewerkstelligt werde, dies ist auf jeden Fall noch

nicht dargethan: das Endresultat kennen wir, das Verfahren ist uns noch Geheimniß.

Einen Anknüpfungspunkt zur Entscheidung dieser Frage scheinen einige neuere Untersuchungen bieten zu wollen. Schweine, mit fettlosen, aber stärkemehlhaltigen Substanzen gefüttert, wurden nicht fett; Enten, denen man fettlosen Reis zur Nahrung gab, blieben mager wie zuvor. Fügte man aber eine kleine Quantität Fett zur Nahrung zu, so wurde nicht nur diese aufgenommen, sondern auch das Stärkemehl selbst in Fett umgewandelt und dieses in großer Menge in dem thierischen Körper abgesetzt. An diese Resultate, die durch eine große Reihe genauer Untersuchungen gewonnen wurden, knüpfen sich noch einige andere Thatsachen derselben Art. Bienen mit reinem Zucker genährt bildeten kein Wachs; wurde ihnen aber Honig gereicht, in welchem sich eine höchst kleine Menge Wachs findet, so erzeugten sie Wachs in bedeutender Quantität. Die Gelatine, welche vor einiger Zeit als Ersatzmittel der Fleischbrühe angerühmt wurde, hat sich als durchaus unnütz erwiesen, indem sie die eiweißartigen Stoffe nicht ersetzen konnte; — einigen älteren Versuchen zu Folge aber soll sie nährend wirken, wenn ihr eine kleine Menge Fleischbrühe beigesetzt wird. Es scheint, als ob die geringen Quantitäten von Fett, von Fleischbrühe, die man stärkemehlhaltigen, gelatinösen Substanzen in der Nahrung beimischt, wie eine Art Hefe wirken, wodurch der Umsatz des fremdartigen Stoffes bedingt wird, und es wird jetzt als eine der ersten Aufgaben der physiologischen Chemie zu betrachten sein, zu erörtern: welchen Einfluß diese Beimischungen sehr kleiner Mengen gewisser Stoffe auf die Umwandlung der Nahrungsmittel im Großen haben.

Die Entwicklung der ölhaltigen Pflanzensamen mußte schon bei genauerer Ueberlegung darauf hinweisen, daß durch den Vegetationsprozeß das Stärkemehl in Fett übergeführt werden kann. Alle diese Samen enthalten in ihrem Jugendzustande, bevor sie vollständig entwickelt sind, eine bedeutende Menge von Stärkemehl, das allmählich verschwindet und durch Oel ersetzt

wird. Da diese Umwandlung nur durch Verlust von Sauerstoff erklärt werden kann, indem das Fett weit weniger Sauerstoff enthält, als das Stärkemehl, so ist es gewiß nicht ohne Bedeutung, daß die fett- und wachsartigen Stoffe bei den Pflanzen am meisten in den äußeren Schichten nahe an der Oberfläche liegen, die bekanntlich unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Sauerstoffgas ausscheidet.

Die stärkemehlhaltigen Körper, welche, wie aus dem Obigen hervorgeht, in dem thierischen Organismus in Fett übergeführt werden können, und die wir deßhalb auch mit dem Namen der Fettbildner bezeichneten, sind in dem pflanzlichen Organismus ganz allgemein verbreitet. Der Stoff, aus dem die jugendlichen Pflanzenzellen bestehen, das Stärkemehl, welches hauptsächlich in denjenigen Pflanzentheilen überreichlich angehäuft ist, die dem Lichte nicht ausgesetzt sind, und das mehrere Abarten zeigt, das Dextrin, welches durch die Einwirkung von Diastase, einem eigenthümlichen Gährungsstoffe, aus Zellstoff und Stärkemehl hervorgeht: alle diese Substanzen bilden eine eigenthümliche Reihe von Körpern, die keinen Stickstoff enthalten und die durch fortgesetzte Einwirkung der Gährungsstoffe in Zucker übergeführt werden. Die verschiedenen Zuckerarten, von welchen der Trauben- oder Krümmelzucker der am weitesten verbreitete ist, bilden gewissermaßen das Ziel der Umwandlungen, die in dem pflanzlichen Organismus durch Einwirkung der Gährungsstoffe und der Pflanzensäuren auf das Stärkemehl hervorgebracht werden. Der Zucker selbst aber ist ein höchst unbeständiger Stoff, der, wie man weiß, durch fortgesetzte Einwirkung der Fermente in Weingeist und Essigsäure, durch weinige und saure Gährung übergeführt werden kann. Alle diese Umwandlungen, welche die Chemie nach allen Seiten hin erforscht hat, sind für uns von geringerem Interesse; während die Erforschung der Frage: durch welche Zwischenstufe der Zucker in Fett übergeführt wird, für die Physiologie von der größten Wichtigkeit ist. Wir sahen oben bei der Analyse des Verdauungsprozesses, daß die stärkemehlartigen Körper in dem Darmkanale durch den Einfluß des

Speichels, des Bauchspeichels und des Darmsaftes in Zucker umgewandelt werden. Von den Zwischenstufen zwischen Zucker und Fett, das wir als Endresultat dieser Umwandlung im Organismus kennen, ist nur so viel bekannt, daß Traubenzucker durch Behandlung mit thierischen Hefen in Milchsäure und dann in Buttersäure übergeführt wird, eine Umwandlung, die sicher auch in dem Darmkanale vor sich geht, da bei Fütterung mit stärkemehlhaltigen Substanzen stets eine bedeutende Buttersäurebildung in den Gedärmen bemerkt wird. In welcher Weise diese Buttersäure in Fett übergeht, dies nachzuweisen wird vielleicht einer späteren Zeit gelingen.

Man hat hinsichtlich des Gehaltes der Nahrungsstoffe an stärkemehlartigen Körpern ähnliche Tabellen entworfen, wie die oben hinsichtlich der stickstoffhaltigen Bestandtheile mitgetheilte. Eine solche Tabelle hat insofern einen praktischen Werth, als sie hauptsächlich den Maßstab des Effektes giebt, welchen man bei Fütterung solcher Substanzen für die Mästung oder Fettbildung erzielt. Man wird bei Vergleichung dieser Tabelle mit der früher mitgetheilten finden, daß die Stoffe fast die umgekehrte Reihenfolge einnehmen, und wenn man nur etwas weiter die gemischten Nahrungsmittel berücksichtigt, die der Mensch zu sich nimmt, so wird man finden, daß fette Leute stets mehr Neigung zu denjenigen Nahrungsmitteln zeigen, welche vorzugsweise aus den in der folgenden Tabelle voranstehenden Substanzen entnommen sind, während magere Menschen mehr auf die der früheren Tabelle angehörigen Nahrungsmittel sich werfen.

Gehalt an Stärkemehl und Blutbildnern der bei 100° getrockneten Substanz.

	Prozentzahl des Stärkemehls.	Prozentzahl der Blutbildner.
Reis	85,87	7,40
Maismehl	77,74	13,66
Weizenmehl Nr. 1	65,21	19,16
" Nr. 2	66,93	13,54
" Nr. 3	57,70	21,97
Buchweizenmehl	65,05	6,89

	Prozentzahl des Stärkemehls.	Prozentzahl der Blutbildner.
Gerstenmehl	64,63	—
Roggenmehl Nr. 1	61,26	11,94
" Nr. 2	54,84	17,71
" Nr. 3	57,07	—
Linsen	39,62	—
Erbsen	38,81	28,22
Bohnen	37,71	28,54

Schon oben deuteten wir darauf hin, daß auch die anorganischen Bestandtheile, die unser Körper enthält, durch die Nahrungsmittel zugeführt werden müssen, da diese Bestandtheile nicht minder, wie die organischen, für den Organismus und die Forterhaltung seines Lebens wesentlich sind. Unsere Knochen enthalten eine große Menge erdiger Bestandtheile, namentlich phosphorsauren Kalk; unser Blut Eisen und eine Menge alkalischer Salze; alle unsere Sekretionen : Harn, Galle ꝛc. enthalten eine bestimmte Quantität feuerbeständiger Salze, welche man meist durch Verbrennung als Asche bestimmt. Alle diese Salze kann der Organismus nicht erschaffen, sie müssen ihm in der Nahrung geboten werden. Der Gebrauch des Kochsalzes ist keine Zufälligkeit, sondern tief in den Ernährungsgesetzen unseres Körpers begründet; bei der Gegenwart von Kochsalz im Magensafte geht die Verdauung weit schneller und vollständiger vor sich; ohne Salzsäure ist sie nur äußerst unvollständig. Es ist jedem Landwirthe bekannt, daß Hühner nur schlecht und wenig Eier legen, wenn man sie verhindert, den Kalk an den Mauern zu picken; sie bedürfen dieses Kalkes zur Construktion der Eischalen. Ein Kind, welches sein Skelett baut, bedarf einer bedeutenderen Menge phosphorsaurer Kalkerde, als ein Erwachsener, und die Thatsache, daß scrophulöse und rachitische Kinder gerne Erde und Kalk essen, findet ganz einfach in dem Umstande seine Erklärung, daß die Absonderungen dieser Kinder eine bedeutende Menge von Kalksalzen enthalten und sie demnach das Bedürfniß fühlen, diesem Abgange entgegen zu arbeiten.

Soll demnach die Kost wirklich nährend für den Organismus sein, so müssen sich darin, vom chemischen Standpunkte aus, drei Bedingungen verwirklichen: die gebotenen Substanzen müssen Blutbildner zur Ernährung der stickstoffhaltigen, Fett oder in Fett wandelbare Stoffe zum Ersatz der stickstofflosen Körperbestandtheile, und eine angemessene Quantität der im Körper vorkommenden anorganischen Salze enthalten. Länger fortgesetzte Entbehrung einer jeden Bedingung tödtet unausbleiblich den Organismus, der sich selbst zerstört, um seinen Ausgaben zu genügen. Indeß erfolgt der Tod bei ausschließlicher Ernährung mit einer oder der anderen Klasse von nothwendigen Stoffen nicht in derselben Zeit. Eine Ernährung, in welcher die Blutbildner fehlen, ist fast mit völligem Hungern gleichzusetzen; Hunde, welche man mit reinem Zucker, Stärke oder Gummi fütterte, starben fast zu derselben Zeit, wie andere, welche nur reines Wasser erhielten und auf diese Weise den Hungertod starben. Fütterung mit reinen Blutbildnern, Faserstoff oder Eiweiß, erhielt das Leben zwar länger, allein auch nicht auf die Dauer, und es ist leicht einzusehen, daß diese längere Erhaltung auf dem Umstande beruht, daß jeder thierische Organismus eine gewisse Menge überflüssigen Fettes, gleichsam als Reserve, bewahrt, wovon er in geeignetem Falle Gebrauch machen kann. Versuche über Fütterung mit Substanzen, welche keine unorganischen Salze lieferten, hat man bis jetzt nur an Vögeln angestellt; die Thiere starben erst nach verhältnißmäßig langer Zeit, und bei der Sektion fanden sich ihre Knochen erweicht, verdünnt, durchlöchert, ihrer erdigen Bestandtheile beraubt.

Die chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel, ihr Gehalt an Blutbildnern, Fett und anorganischen Salzen reicht aber noch nicht hin, die Stoffe zum Genusse tauglich zu machen; ein wesentliches Erforderniß ist noch, daß die Form, in welcher sie geboten werden, auch den Verdauungskräften angemessen sei. Auf Erzielung dieser leichteren Auflöslichkeit der Nahrungsstoffe sind jene vorgängigen chemischen Operationen gerichtet,

welche wir unter dem Namen der Kochkunst begreifen. Theils durch die Zerkleinerung und zweckmäßige Mischung, theils durch Einwirkung der Wärme bringen wir unsere Speisen in einen Zustand, wo die Verdauungskräfte in weitester Ausdehnung auf sie wirken können, und je nachdem schon die organische Substanz an und für sich leichter oder schwerer durch die Verdauungsflüssigkeiten auflösbar ist, unterscheiden wir leicht oder schwer verdauliche Speisen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch diese Verhältnisse nach genauen chemischen Analysen der in Betracht kommenden Agentien klar gemacht werden können; allein einerseits stehen unsere Kenntnisse der Zusammensetzung der Nahrungsmittel noch nicht auf der nöthigen Stufe der Vollendung, während andrerseits die Verdauungsflüssigkeit individuelle Abweichungen zeigen kann und zeigt, deren Gränzen wir noch nicht kennen. Ja selbst bei durchaus ähnlichen Stoffen treten Verhältnisse ein, die durch die heutige Chemie noch nicht enträthselt werden können. Ochsenfleisch und Kalbfleisch zeigen keine verschiedene chemische Zusammensetzung, und dennoch ist das eine weit leichter verdaulich, als das andere. Es scheint, als walten hier dieselben Erscheinungen mit, welche sich in der unorganischen Natur bei dem Isomerismus zeigen, der bekanntlich darin besteht, daß ganz gleich zusammengesetzte Körper verschiedene chemische Eigenschaften zeigen können. Frisch gefällte Thonerde löst sich mit größter Leichtigkeit in Säure auf, getrocknet und geglüht wird sie fast durchaus unlöslich, und dennoch ist es derselbe Körper. So mag es auch bei vielen Nahrungsmitteln sein : sie enthalten dieselben chemisch gleich zusammengesetzten Körper, aber in mehr oder minder löslichen Modifikationen, und sind deßhalb leichter oder schwerer verdaulich.

Die Kenntniß der Nahrungsmittel von diesem Gesichtspunkte aus ist aber von der höchsten praktischen Wichtigkeit und von alten Zeiten her hat man schon auf verschiedenen Wegen zu solcher Kenntniß zu kommen gesucht. Der Erbsenbrei und das Pöckelfleisch, die einen Matrosen trefflich nähren, würden einen am Nervenfieber oder Schwäche des Magens leidenden

Kranken ohne Weiteres tödten. Ein Jeder zwar kennt mehr oder weniger aus Erfahrung, was ihm zusagt und was nicht; aus der Vergleichung dieser Erfahrung sind allgemeine Regeln der Diät hervorgegangen, welche überall so ziemlich dieselben sind. Versuche von wirklich wissenschaftlichem Werthe über diese Frage sind aber erst in neuester Zeit gemacht worden, und vielleicht, daß sich auf die eine oder andere Weise Gelegenheit bietet, sie zu vervollständigen.

Ein canadischer Arzt hatte zu seiner Disposition einen Jäger, dem in Folge einer bedeutenden Schußwunde eine Oeffnung im Magen zurückgeblieben war, durch welche man sich über alle Vorgänge in diesem Organe leicht Auskunft verschaffen konnte. Sobald der Mann eine Mahlzeit zu sich genommen hatte, so wurden die Fortschritte der Verdauung beobachtet und der Zeitpunkt bestimmt, wo die Umwandlung der Nahrung in vollkommenen Speisebrei vollendet war. Die Resultate dieser Untersuchungen können nicht allgemein bindend sein, da der individuellen Abweichungen zu viele sind; allein ich halte ihre Aufführung für um so zweckmäßiger, als sie eben einen Maßstab zur Vergleichung der Thatsachen mit den herrschenden Ansichten geben. Zur vollständigen Umwandlung in Speisebrei bedurften : Gekochte Schweinsfüße, gebratener Ochsenmagen, gekochter Reis 1 Stunde; weiche süße Aepfel, geschlagene Eier, gekochte Lachsforelle, Gerstensuppe, gebratene Lachsforelle, geröste ter Hirsch 1 St. 30 M.; gekochter Sago, gekochtes Gehirn 1 St. 45 M.; mit Essig angemachter Kohl, weiche saure Aepfel, gekochter Tapioka, gekochte Milch, rohe Eier, trockener gesottener Stockfisch, gebratene Ochsenleber, kalte Milch mit Brod, gekochte Gerste 2 Stunden; frische Milch 2 St. 15 M.; gekochte Gallerte, Zuckerbrod, gekochter Pastinak, roher Kohl, Truthahn, geröstet und gesotten, Haché mit Kartoffeln, geröstete Kartoffeln, wilde Gans, geröstet, Spanferkel, gesottene Bohnen 2 St. 30 M.; gekochtes Rückenmark 2 St. 40 M.; Eier und Milchpudding 2 St. 45 M.; rohe harte saure Aepfel 2 St. 50 M.; rohe Austern 2 St. 55 M.; weich gesottene Eier, geschmortes Hammelfleisch, frisches mageres

Ochsenfleisch geröstet, Beaffsteak, roher Schinken, gebratener Barsch, gesottene Bohnen, Kuchen, gebratenes Rindfleisch 3 St.; gekochte gelbe Rüben, geröstetes Hammelfleisch 3 St. 15 M.; gebratene Butter, zerlassene Butter, Hammelfleischsuppe, frisches Weizenbrod, Austernsuppe, gekochte weiße Rüben, Bratwurst, fettes Rindfleisch, gekocht, alter Käse, hart gesottene Eier, gedämpfte Austern, gekochte Kartoffeln 3 St. 30 M.; gesottenes Ochsenfleisch mit Salz 3 St. 35 M.; Butterbrod mit Kaffee, türkisch Korn gekocht, gekochte Bohnen, gebratenes Hammelfleisch 3 St. 45 M.; geröstetes Schweinefleisch 3 St. 50 M.; gebratenes Rindfleisch, gekochtes Geflügel, gekochter gesalzener Lachs, gebratenes Herz, gekochte Hühner, gebratenes Kalbfleisch, Rindfleischsuppe, trockenes Brod und Kaffee, gebratene Ente 4 St.; gekochte Knorpel 4 St. 15 M.; frisch gesalzenes Schweinefleisch, gekocht, Hammeltalg, gekochter Kohl, gebratene Wildente 4 St. 30 M.; gekochte Sehnen und Ochsentalg 5 St. 30 M.

Ein anderer Beobachter benutzte die Fähigkeit, die er besaß, durch Lufteinschlucken sich willkürlich zu erbrechen, um Untersuchungen über seine Verdauung anzustellen. Er nahm bestimmte Mahlzeiten ein und erbrach sie nach einer gewissen Zeit wieder, um den Grad ihrer Chymificirung zu untersuchen. Hierbei ergaben sich als leicht verdauliche Substanzen, d. h. als solche, welche im Magen binnen 1—1½ Stunden in einen Brei verwandelt werden: Spinat, Selleri (mit Ausnahme der Strünke), Spargel, Hopfen, Berghopfenkeime, Artischocken, aus verschiedenen Obstsorten bereitetes Muß, Brei von Getreidekörnern, Roggen, Gerste, Mais, Reis, Erbsen, Bohnen, Kastanien, einen Tag altes Brod und alle Art von Gebäck, das keine Butter enthielt, Rüben, Kartoffeln, arabischer Gummi, Kalbfleisch, Hahn, junges Schöpsenfleisch, frisch gelegte und weich gesottene Eier, Kuhmilch und in Wasser gekochte, mit Salz und Petersilie versehene Barsche. Zu den minder verdaulichen Substanzen, d. h. zu denen, welche nach 1—1½ Stunden unvollständig chymificirt waren, gehörten die rohen Kräuter des Salates, der Huflattig, der Löwenzahn, die Brunnenkresse, die

Cichorie, der Weißkohl, der Mangold, die gekochten und die rohen Zwiebeln, Meerrettig, rothe und gelbe Rüben, das Fleisch von nicht saftigem Kernobste, neu gebackenes Brod, frische und trockene Feigen, Pasteten, Schweinefleisch und alle daraus bereiteten Speisen, gekochtes Blut, hartgesottene Eier und Eierkuchen. Als Nahrungsmittel endlich, welche innerhalb der gewöhnlichen Zeit von 4 Stunden nicht verdaut wurden, zeigten sich Champignons, Morcheln, Trüffeln, welsche Nüsse, Haselnüsse, Mandeln, Pinien, Pistazien, Rosinenkerne, Kerne von Birnen, von Aepfeln, von Pomeranzen, von Johannisbeeren, von Citronen, von Oliven, Cacaobohnen, ausgepreßte fette Oele von Nüssen, Mandeln, Haselnüssen und Oliven, trockene Rosinen, die Hülsen der Erbsen, der Bohnen, der Linsen, des Roggens, der Gerste, die Schoten von Erbsen und Bohnen, die Haut der Kirschen, der Aprikosen, der Pflaumen, der Pfirsichen, der Prunellen, die Schale des Kernobstes, der Beeren, der Aepfel, der Birnen, der Johannisbeeren, der Stachelbeeren, der Pomeranzen, der Citronen, Orangeat, Citronat, die Samenbehälter der Birnen und der Aepfel, die Kerne der Pflaumen und der Kirschen, die sehnichten und häutigen Theile des Rindes, des Kalbes, des Schweines, des Geflügels, des Rochens, die Knochen, die fettigen und öligen Substanzen dieser Thiere und das Eiweiß von hart gekochten Eiern. Durch einen Zusatz von Oel oder Fett wurden auch in diesem Falle alle Nahrungsmittel schwerer verdaulich. Gebratener oder mit Oel, Wein oder weißer Brühe zubereiteter Barsch ging schwerer als in Wasser gesottener in Chymus über. Ein Zusatz von Sauerampfer zu dem Spinate verminderte die Verdaulichkeit des letzteren. Die Digestion der Breiarten, von Aepfeln, Birnen, Pflaumen u. dgl. wurde durch einen Beisatz von Zucker und Zimmt begünstigt. Schwarzbrod verdaute sich schlechter als weißes, frisches schwerer als einen Tag altes; gesalzenes Gerstenbrod leichter als ungesalzenes, Buchweizenbrod schwieriger als Brod von reinerem Mehl. Die Brodrinde soll eben so verdaulich als das weiche sein. Alle jüngeren Thiere wurden wiederum leichter als ältere verdaut.

Als Substanzen, welche die Digestion verzögern, fand Gosse viel lauwarmes Wasser, Säuren, Abstringentien wie China, alle fetten Speisen, Abkochung von Solanum dulcamara, mineralischen Kermes und Sublimat. Als Beförderungsmittel der Digestion ergaben sich Kochsalz, Pfeffer, Zimmt, Muskaten, Nelken, Senf, Meerrettig, Rettig, Kapern, Wein, geringe Menge Liqueurs, alter Käse, Zucker und verschiedene, bittere Dinge.

Man sieht, der Genfer Arzt und der canadische Jäger verdauten nicht in gleicher Weise, und es bedürfte einer großen Menge vergleichender Versuche mit verschiedenen Individuen, um die allgemeinen zur Basis dienenden Regeln aufstellen zu können. Bis dahin wird die Diätetik stets mehr oder minder dem reinen Empirismus verfallen bleiben und der Arzt seinen Reconvalescenten diejenige Speise als die verdaulichste rathen, die er selbst am leichtesten verdaut. Die Wahl der Nahrungsmittel an sich ist aber nicht nur individuell höchst wichtig, sondern auch in politisch-ökonomischer Rücksicht eine wichtige und weltbewegende Frage. Die Produktion der Nahrungsmittel steht in der engsten Beziehung zu dem Grade der Cultur und Civilisation, zu welcher sich die Menschheit erhoben hat, und der Hauptzweck der Landwirthschaft, welche insofern die Basis einer jeden Civilisation bildet, als sie nothwendig feste Wohnsitze voraussetzt, beruht auf der größtmöglichsten Produktion von Nahrungsstoff auf einem gegebenen Raum der Erdoberfläche. Da aber nicht alle Produkte der Landwirthschaft in gleichem Maße und in gleicher Richtung nährend wirken, so sei es uns erlaubt, hier einige Worte über den Werth der Nahrungsmittel in physiologischer Beziehung beizufügen.

Wir sahen oben, daß nach dem Einflusse, welchen die verschiedenen durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe auf den Körper haben, wir dieselben in verschiedene Klassen eintheilen können, daß wir anorganische Stoffe, Blutbildner und Fettbildner bedürfen, um die Ernährung nach allen Richtungen in vollständiger Weise vor sich gehen zu sehen. Ein Nahrungsmittel wird deßhalb dann seinen Zweck am besten erfüllen, wenn es

vielfältig gemischt ist und in seiner Mischung eine dem Körper analoge Zusammensetzung aus den angeführten Substanzengruppen zeigt. Wo diese Mischung der Nahrungsmittel fehlt, da wird dasselbe, für sich allein genommen, bei längerem Gebrauche untauglich, das Leben zu erhalten, und da die wenigsten Nahrungsmittel eine solche Mischung zeigen, so müssen wir bei der Ernährung unseres Körpers durch zweckmäßiges gemeinschaftliches Genießen verschiedener Substanzen, welche in ihrer Gesammtheit dem genannten Bedürfnisse entsprechen, die fehlerhafte Mischung der vereinzelten Nahrungsmittel ersetzen. Der Wechsel der Nahrungsmittel ist demnach ein höchst wichtiges Gesetz für den Einzelnen wie für die Gesammtheit, und nicht minder ist die gehörige Zusammenstellung verschiedenartiger Nahrungsmittel eine absolute Nothwendigkeit. Der Ekel, welchen die stete Wiederkehr desselben Gerichtes erregt, ist kein Resultat der Verwöhnung unseres Gaumens, sondern ein Sträuben des Organismus gegen die ihm schädlich werdende Nahrung, die seinen Bedürfnissen nicht mehr zu entsprechen vermag.

Die Natur selbst hat uns in Betreff der Zusammensetzung eines typischen Nahrungsmittels, das für sich allein genommen den Bedürfnissen des Organismus vollständig zu genügen vermag, das beste Beispiel in der Milch aufgestellt, mittelst welcher die jungen Säugethiere während einiger Zeit vollkommen ausreichend ernährt werden. Die Milch ist eine stark wasserhaltige Flüssigkeit, in welcher eine bedeutende Quantität Milchzucker, also ein fettbildender Körper, und etwa eben so viel Käsestoff als blutbildender Bestandtheil aufgelöst ist. Die Salze in der Milch fehlen nie und sie bestehen größtentheils aus phosphorsauren Salzen, aus Chlorkalium und Kochsalz, sowie aus einer kleinen Menge freien Natrons, welche die Löslichkeit des Käsestoffes im Wasser bedingt. Außerdem schwimmt in der Milch in äußerst feinen Tröpfchen und Kügelchen vertheilt ein leicht schmelzbares, neutrales Fett, die Butter. Man kann rechnen, daß in einer guten Kuhmich $\frac{9}{10}$ Wasser, $\frac{1}{20}$ Milchzucker, eben so viel Käsestoff, $\frac{1}{30}$ Butter und $\frac{1}{200}$ Salze sich finden, während die Frauenmilch

weniger und weichere Butter enthält. Dem Säuglinge werden also in dieser Flüssigkeit ein blutbildender Stoff in der leichtlöslichsten Form des Käsestoffes, ein fettbildender in dem Milchzucker und ein leicht lösliches Fett zugeführt, welches, wie wir oben sahen, sicherlich zum Umsatze des Zuckers in Fett wesentlich beiträgt. Außerdem erhält der Säugling in dem phosphorsauren Kalke der Milch das wesentlichste Salz, dessen er zum Aufbau seines Skelettes so sehr benöthigt ist. Alle diese Stoffe sind zugleich in einer so großen Menge von Wasser aufgelöst, daß diese hinreicht, um den Stoffwechsel durch den Organismus hindurch zu vermitteln.

Merkwürdiger Weise stehen die Samen der Getreidearten, der Hülsenfrüchte, überhaupt die wesentlichsten Erzeugnisse der Landwirthschaft in ihrer Eigenschaft als Nahrungsmittel der Milch am allernächsten, so daß man sie fast als Pflanzenmilch in fester Gestalt bezeichnen könnte. Es finden sich hier dieselben Salze, und namentlich der reiche Gehalt an phosphorsauren Salzen, wie in der Milch; es findet sich eine ziemlich bedeutende Quantität von Blutbildnern, die man im unreinen Zustande als Kleber bezeichnet; es findet sich endlich etwa 60—70 Prozent eines fettbildenden Stoffes, des Stärkemehls, welcher leicht in Zucker und die übrigen Produkte der Zersetzung übergeführt werden kann. Nur Eins fehlt den eigentlichen Getreidearten: das freie Fett, welches nur in höchst geringer Quantität im Weizen und Roggen, in größerer dagegen im Mais vorkommt, weßhalb dieser auch zum Mästen und zur Fetterzeugung allgemein vorgezogen wird. Ebenso ist es merkwürdig zu sehen, daß der Instinkt auch den Mangel der Getreidearten und des daraus bereiteten Brodes an Fett richtig eingesehen hat und demselben durch Fettzusatz beim Genusse entgegenzuwirken sucht. Das Butterbrod, welches bei der Ernährung der germanischen Völkerstämme eine so bedeutende Rolle spielt, hat hierdurch seine wissenschaftliche Grundlage und Berechtigung gefunden und kann wirklich als der vollkommenste Ersatz der Milch bezeichnet werden.

Wenn die Getreidearten und Hülsenfrüchte das Beispiel einer wohlgemischten Nahrung bieten, so sind dagegen die Kartoffeln ein durchaus einseitiges Nahrungsmittel, in welchem die stickstoffhaltigen Bestandtheile gänzlich zurücksinken und nur das Stärkemehl vorwiegt. Zudem enthalten die Kartoffeln eine ungemein große Quantität von Wasser (zwischen 70 und 80 Prozent) und eine höchst geringe Anzahl von Salzen, unter welchen die phosphorsauren namentlich gänzlich mangeln. Es ist kaum möglich, ein Nahrungsmittel zu finden, welches in jeder Beziehung so ungünstige Verhältnisse darbietet, als die Kartoffel; und wenn dieselbe dennoch eine so ungemeine Bedeutung in der Oekonomie der Gesellschaft erlangt hat, so liegt der Grund davon in Verhältnissen, die unabhängig von ihrem Werthe als Nahrungsmittel an sich sind. Nebengründe liegen in der bedeutenden Acclimatisationsfähigkeit, die den Anbau der Kartoffel von Lappland bis in die Nähe des Tropenklimas möglich macht; in der Beziehung zu dem Boden, der durch die Kartoffel nicht an denjenigen Substanzen erschöpft wird, welche die Getreidearten nöthig haben; der Hauptgrund der allgemeinen Verbreitung des Kartoffelanbaues aber liegt in der Thatsache, daß man mittelst der Kartoffel dem Boden weit mehr feste Bestandtheile abgewinnen kann, als mit irgend einer anderen Frucht. Diese Bestandtheile mögen in höchst ungünstigen Mischungsverhältnissen und in äußerst ungünstiger Form, nämlich in einer Menge von Wasser aufgeschwemmt dem Verbrauche dargeboten werden, ihre absolute Menge bleibt dennoch so bedeutend, daß der Kartoffel hierdurch ein wesentlicher Vorzug gesichert ist. Ein Beispiel wird dies schlagend beweisen. Von einer Hektare Land wurden unter gleichen Umständen geerndtet:

	Pfd. Waizen,	Pfd. Korn,	Pfd. Erbsen,	Pfd. Kartoffeln,
	3400	2800	2200	38000
oder:	3036	2538	1980	9500

getrockneter Substanz. In diesen Mengen trockener Substanz sind aber enthalten:

	im Waizen	im Korn	in den Erbsen	Kartoffeln
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Stickstoffhaltige Substanzen . . .	510	440	560	950
Stärkemehl	1590	1196	780	6840
Mineralische Stoffe	90	62	60	323

Der Vortheil der Stofferzeugniß liegt demnach bei der Kartoffel gänzlich auf Seite des Produzenten; der Nachtheil gänzlich auf Seite des Consumenten, der zur Bewältigung eines in unzweckmäßiger Form und unzweckmäßiger Mischung dargebotenen Nahrungsmittels die größte Summe von Verdauungskraft zur Erzielung des kleinsten Nutzeffektes verwenden muß. Es ist demnach vollkommen wahr, wenn ein bedeutender Forscher in diesem Felde sich dahin ausdrückt, daß mit der vorwiegenden Kartoffelnahrung die ärmere Klasse auf das letzte Hilfsmittel hingewiesen sei, auf dem äußersten Rande stehend keinen Boden mehr vor sich hätte, und daß der arme Arbeiter und arme Bauer die entsetzliche Aufgabe lösen müsse, mit einem Minimum von Nahrung von mangelhafter Beschaffenheit das größte Maß von Arbeit zu leisten.

In direktem Gegensatze zur Kartoffel steht das Fleisch, in welchem bei fast eben so großem Wassergehalte die stickstoffhaltigen Substanzen durchaus vorwiegen, und die stickstofflosen nur durch das anhängende Fett vertreten sind. Dieses letztere ist ein durchaus nöthiger Zusatz zu dem Fleische selbst, und die Civilisation sucht denselben in das richtige Verhältniß zu bringen, indem sie die Thiere mästet, wodurch nicht die Masse des Muskelfleisches, sondern nur diejenige des Fettes im Organismus vermehrt wird. Außer dem Faserstoffe, dem Eiweiße und der leimgebenden Substanz, die in dem Fleische enthalten sind, findet man in dem wässerigen Fleischauszuge noch eine Menge von Stoffen, welche zum Theil, wie es scheint, Zersetzungsprodukte der Fleischfaser selbst sind. Diese Stoffe sind es, welche den einzelnen Fleischsorten ihren eigenthümlichen Geschmack geben. Zerhackt man Fleisch ganz fein und laugt es vollständig mit

Wasser aus, so bleibt ein völlig weißer, geschmackloser Rückstand, der bei jederlei Fleisch dieselben Eigenschaften zeigt. Dieser in Wasser ungelöste Rückstand ist aber größtentheils Faserstoff, der durch die Magenverdauung ebenfalls aufgelöst wird. Die einfachste Zubereitung des Fleisches ist demnach sicherlich das Braten, welches so geleitet werden muß, daß rasch eine Hülle von gerösteten Stoffen um das Fleischstück gebildet wird, wodurch das Verdampfen der Fleischflüssigkeit verhütet und das Innere in einer Hitze, die höchstens 80° erreichen darf, erhalten wird. Bei dem Kochen des Fleisches werden hingegen die nährenden Bestandtheile in zwei Theile geschieden, in die Fleischbrühe, welche die im Wasser löslichen Stoffe, und in das Fleisch selbst, welches hauptsächlich die unlöslichen Stoffe enthält. Je besser die Fleischbrühe, desto ausgelaugter und geschmackloser ist das Fleisch und umgekehrt. Der Uebelstand des vollständigen Auslaugens, der bei kleineren Stücken Statt findet, wird bei größeren dadurch verhütet, daß das Eiweiß der Fleischfaser durch das Kochen gerinnt und so eine Hülle von geronnenem Eiweiß um das Kochstück gebildet wird, welche das Eindringen des Wassers in das Innere und das Auslaugen desselben verhindert. Darin liegt denn auch die Ursache, warum große Haushaltungen, in welchen gewaltige Stücke Fleisch im Ganzen gekocht werden, zugleich gute Fleischbrühsuppe und gutes gekochtes Fleisch liefern können, während die kleine Haushaltung entweder nur geschmackloses Fleisch und gute Fleischbrühe, oder gutes Fleisch und schlechte Fleischbrühe, nie aber Beides zugleich liefern kann.

Der stärkende, belebende Einfluß der Fleischbrühe liegt nicht sowohl in ihrem Gehalte an stickstoffreichen Substanzen, der verhältnißmäßig sehr gering ist, sondern vielmehr in der Natur dieser Bestandtheile selbst. Der Fleischextrakt enthält nämlich eine krystallisirbare, neutrale, stickstoffhaltige Substanz, das Kreatin (Fleischstoff), welches am reichlichsten in mageren Thieren, die viele Bewegung haben, enthalten ist, und zugleich bei Vögeln, namentlich bei den Hühnern, in größerer Menge vorkommt, als bei den Säugethieren. Durch eine eigenthümliche

Zersetzung, die auch schon im lebenden Muskel Statt findet, erzeugt dieser Fleischstoff einen anderen stickstoffhaltigen Körper, das Kreatinin (Fleischbasis). Dieses Kreatinin bildet wirklich mit Säuren Salze und ist eine wahre organische Basis, ein Alkaloïd, wie das Chinin, das wirksame Prinzip der Chinarinde, oder das Morphin, das wirksame Prinzip des Opiums. Alle diese Alkaloïde haben eine merkwürdige, tief eingreifende, wenn auch noch nicht näher analysirte Wirkung auf den Organismus, die durchaus nicht im Verhältniß zu ihrem Stickstoffgehalte steht. Wahrscheinlich wirken sie in ähnlicher Weise wie Gährungsstoffe, Umsetzungen einleitend, wobei sie selbst in ihrer Mischung nicht verändert werden, so daß sie selbst unzersetzt durch den Körper durchgehen können, wenn sie gleich in demselben die bedeutendsten Spuren ihrer Wirksamkeit zurücklassen. Man weiß, daß das Chinin, welches das Wechselfieber heilt, größtentheils im Urin wiedergefunden wird. Ich habe Gelegenheit gehabt, die Wirkungen einer eigenthümlichen Kurmethode des Nervenfiebers zu verfolgen, nach welcher man im Zeitraume einer Stunde so große Gaben von Chinin giebt, daß die ersten Vergiftungserscheinungen, worunter namentlich Taubheit, sich einstellen. Das Fieber wird durch diese Behandlungsweise gänzlich gebrochen, die bedeutendste Modifikation in dem ganzen Krankheitsprozesse hergestellt, die Gefahr weggeräumt, und nichts desto weniger findet man die gegebene Menge des Chinins unverändert in dem Urine wieder. Zu dieser Klasse von Stoffen räthselhafter, oft giftiger Wirkung gehört denn auch unstreitig das Kreatinin, und seiner Gegenwart sind gewiß die besonderen Wirkungen der Fleischbrühe zuzuschreiben.

Die Cultur hat in den Kreis der Lebensmittel von allgemeinem Bedürfniß zwei Substanzen gezogen, welche früher nur dem Luxus angehörten und die durch ihre Zusammensetzung der Fleischbrühe nahe treten. Ich meine den Kaffee und den Thee, ersterer mehr auf dem Festlande Europas, letzterer mehr in England und Amerika ein Volksbedürfniß ersten Ranges. In dem Zollvereine werden allein nahe an 700,000 Centner Kaffee

jährlich consumirt, eben so viel Thee in Europa und Amerika zusammen genommen, und je mehr mit zunehmender Verarmung die Kartoffelnahrung Boden gewinnt, desto hartnäckiger hängt das Volk an dem Kaffeegenusse, der als ein nothwendiges Surrogat seinen Platz einnimmt. Kaffee und Thee enthalten aber durchaus denselben chemischen Grundbestandtheil, das sogenannte Caffeïn oder Theeïn, das ebenfalls in die oben berührte Klasse der Alkaloïde gehört. Die Wirkung dieses Alkaloïds auf den Körper ist eine wesentlich erregende, auf die wir später bei der Analyse der Funktionen des Nervensystemes näher zurückkommen werden. Sie steht aber in keinem Verhältniß zu der Menge des Stoffes. Wenn man daher, nachdem einmal die Uebereinstimmung der Zusammensetzung im Thee und Kaffee erkannt und der reiche Gehalt des darin enthaltenen Alkaloïds an Stickstoff ermittelt war, behauptete, der Kaffee- und Theegenuß sei ein Ersatzmittel des mangelnden Fleisches, so ist dieses insofern unrichtig, als der Gehalt an fester Substanz im Kaffee und Thee viel zu gering ist, um einen unmittelbaren Ersatz für den Verbrauch der stickstoffhaltigen Substanzen des Körpers geben zu können. Die mächtig erregende Wirkung des Alkaloïds in dem Aufguße läßt vielmehr den Kaffee als Nahrungsmittel suchen, indem sie die Bewältigung der in so ungünstigen Verhältnissen dargebotenen Nahrung möglich macht.

Auf diese Weise treten Fleischbrühe, Kaffee und Thee näher an die vielfachen Getränke heran, die durch Gähren eine gewisse Quantität von Weingeist enthalten und die bei allen Völkern ohne Ausnahme im Gebrauche sind. Hier ist es auch die aufregende Beschaffenheit, welche vor der ernährenden in den Vordergrund tritt, und man kann wohl sagen, daß der stickstofflose Weingeist ebenso die Reihe der stickstofflosen Nährsubstanzen schließe, wie der stickstoffhaltige Kaffee diejenige der blutbildenden Nahrungsmittel.

Fünfter Brief.

Die Athmung.

Der Brustkasten eines Skelettes (s. S. 118) stellt einen von vorn nach hinten zusammengedrückten Kegel vor, dessen Spitze nach dem Halse, dessen Grundfläche nach dem Bauche zugewandt ist, und dessen Wände von zwölf Paaren platter gebogener Knochenstäbe, den Rippen, gebildet werden. Zwei feste Linien bieten die Stützpunkte für diese beweglichen Knochen; auf der Rückenseite die Wirbelsäule, an deren Körpern die Rippen eingelenkt sind, vorn das Brustbein, ein platter langer Knochen, woran sich die Rippen theils durch Gelenke, theils durch elastische Knorpelstücke befestigen. Ein leichter Druck auf das Brustbein angebracht, preßt dieses gegen den Rückgrat zu; die Rippen selbst lassen sich leicht in die Höhe ziehen und niederdrücken. Schon diese Anordnung des starren Gerüstes der Brust gestattet demnach eine Erweiterung und Verengung der Brusthöhle. Die breite, dem Bauche zugewandte Fläche des Kegels ist aber durch eine muskulöse Querscheidewand, das Zwerchfell, von der Bauchhöhle getrennt. Diese Querscheidewand ist nicht platt ausgespannt, sondern sie bildet eine gewölbte Fläche, deren convexe Seite der Brust, die concave dem Bauche zugewandt ist. Die Zusammenziehung des Zwerchfells muß, da es rings umher mit starken Muskelfasern an den Rippen und der Wirbelsäule befestigt ist, eine Abplattung seiner Wölbung zur Folge haben, mithin den Raum der Brusthöhle vergrößern, denjenigen der Bauchhöhle verkleinern.

a

b

f

e

d

g

c

h

k

i

l

n

m

o

Fig. 11.
Das Skelett eines Erwachsenen in schreitender Stellung. a. Schädel. b. Halswirbelsäule. c. Brustkorb (Rippen und Brustbein). d. Rückenwirbelsäule. e. Schulterblatt. f. Schlüsselbein. g. Oberarm. h. Unterarm. i. Handwurzel. k. Becken. l. Oberschenkel. m. Schienbein (tibia). n. Wadenbein (fibula). o. Fersenbein (calcaneus).

Sowohl zwischen den einzelnen Rippen, als auch auf ihrer äußeren Fläche, sind viele Muskeln angebracht, welche alle mehr oder minder die Rippen nach oben und außen ziehen, mithin ebenfalls den innern Raum vergrößern können, indem die horizontalen Dimensionen durch solche Bewegung der Rippen zunehmen, die Abnahme in der Länge dagegen, welche durch dies Aufziehen der Rippen erfolgt, hinlänglich durch das Hinabsteigen des Zwerchfelles ausgeglichen wird.

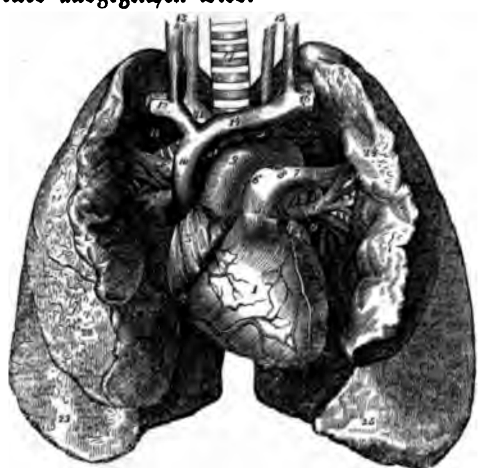


Fig. 12. Die Brusteingeweide, in natürlicher Lage, von vorn gesehen. 1. Die rechte Herzkammer. 2. Die linke Herzkammer. 3. Rechter Vorhof. 4. Linker Vorhof. 5. Lungenschlagader. 6. Ast derselben zur rechten Lunge. 7. Ast zur linken Lunge. 8. Früherer Verbindungsast zur Aorta, nur bei der Frucht im Mutterleibe offen, nach der Geburt geschlossen (Ductus Botalli). 9. Bogen der Aorta. 10. Obere Hohlvene. 11. Gemeinschaftlicher Stamm der rechten Hals- und Schlüsselbeinschlagader. 12. Rechte Schlüsselbeinvene. 13. Rechte Halsschlagader. 14. Linke vereinigte Schlüsselbein-Halsvene. 15. Linke Halsadern. 16. Linke Schlüsselbeinadern. 17. Luftröhre. 18. Bronchus der rechten Lunge. 19. Linker Luftröhrenast. 20. Lungenvenen. 21. Oberer Lappen, 22. mittlerer, 23. unterer Lappen der rechten Lunge. 24. Oberer, 25. unterer Lappen der linken Lunge.

In diesem festen Korbe nun sind die Lungen, das Hauptorgan der Athmung, mit dem Herzen aufgehangen. Die Innenseite des Rippenkorbes ist mit einer festen, undurchdringlichen Haut, dem Rippenfelle oder der Pleura ausgekleidet, so daß der Rippenkorb einen hermetischen Verschluß darbietet. Die Lungen selbst aber sind, im Großen betrachtet, elastische Säcke, welche durch eine steife Röhre, die Luftröhre, mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehen. Sie können sich nicht selbstständig ausdehnen oder zusammenziehen; aber durch ihre Elastizität und durch ihre stete Füllung mit Luft füllen sie den Rippenkorb stets vollständig aus; erweitert sich dieser, so dehnen sich die Lungen mit aus und die äußere Luft strömt durch die Luftröhre in die Lungensäcke ein — wir athmen ein; zieht sich der Brustkorb zusammen, so werden die Lungensäcke zusammengedrückt und ein Theil der Luft aus ihnen durch die Luftröhre ausgepreßt — wir athmen aus.

Nicht also durch selbstständige Zusammenziehung und Ausdehnung der Lungen, sondern vielmehr durch das wechselnde Spiel der an dem Brustkorbe befestigten Muskeln werden die Athembewegungen hervorgebracht, und die Bedingung ihrer Fortdauer ruht einzig und allein in dem vollkommenen luftdichten Verschlusse des Brustkastens und in dem dadurch entstehenden luftleeren Raume zwischen Brustkorb und Lunge. Dieser Verschluß ist durch das Brustfell bedingt, welches jederseits einen vollkommen geschlossenen Sack darstellt, in dem die Lunge steckt, etwa wie der Kopf in einer baumwollenen Nachtmütze, um mich eines trivialen, aber durchaus wahren Vergleiches zu bedienen. Die eingestülpte Hälfte des Sackes umgiebt die Lunge, ist mit ihr verwachsen; die äußere Hälfte ist an der Brustwand angewachsen; sobald diese sich ausdehnt und von der Lunge entfernen will, so entsteht in dem Brustfellsacke ein luftleerer Raum, und die äußere Luft stürzt in die Lungen, um diesen Raum zu erfüllen, etwa wie bei Oeffnung eines Blasebalges die Luft durch die Klappe nachstürzt.

Bei ruhigem Athmen in aufrechter oder sitzender Stellung

sind es hauptsächlich die abwechselnden Zusammenziehungen des Zwerchfelles, welche das Ein= und Ausströmen der Luft in die Lunge bedingen; — kaum daß der Rippenkorb sich etwas Weniges in seinen Querdurchmessern erweitert. In horizontaler Lage dagegen, sowie bei heftigeren Athembewegungen, spielen auch die Rippen und die Bauchdecken eine bedeutendere Rolle, so daß das Volumen der Brust um eine ziemlich beträchtliche Größe verändert werden kann. Untersucht man die Verhältnisse bei verschiedenen Athemzuständen, so kann man etwa vier Zustände unterscheiden. Am tiefsten deprimirt erscheint die Brustfläche bei möglichst tiefer Ausathmung. Die Lungen sind dann aber stets noch von einer gewissen Quantität Luft erfüllt, die niemals ausgetrieben werden kann und die man die Residualluft nennt. Bei gewöhnlicher Ausathmung bleiben die Lungen stärker ausgedehnt, der Rippenkorb erscheint etwas gewölbter und wölbt sich noch mehr bei der gewöhnlichen Einathmung. Der Unterschied des Volumens bei der gewöhnlichen Ein= und Ausathmung mag etwa eben so groß sein, als der zwischen gewöhnlicher und möglichst kräftiger Ausathmung. Am gewölbtesten endlich erscheint die Brust bei möglichst tiefem Einathmen. Bei den Männern sind es namentlich die mittleren und unteren Rippen, welche beim Athmen spielen, während die oberen Rippen mehr unbeweglich bleiben, bei den Frauen im Gegentheile sind es die oberen Rippen, welche sich vorzugsweise bewegen, während die unteren nur in Ausnahmefällen spielen. Vielleicht dürfte sich aus diesem Umstande die Vorliebe des weiblichen Geschlechtes für Corsette und Schnürleiber erklären lassen. Indessen liegt es in unserer Macht, gewisse Gruppen der Athmungswerkzeuge vorzugsweise spielen zu lassen, je nachdem wir durch das Spiel der anderen Gruppen Unannehmlichkeiten empfinden. So sieht man Kranke, die an Brustfellentzündung leiden, wo jede Bewegung des Brustkorbes durch die Reibung der entzündeten Flächen des Brustfelles gegeneinander empfindlich schmerzt, die Rippen so viel als möglich fixiren und nur mit dem Zwerchfelle und den Bauchdecken athmen, während Schwangere im Gegentheile fast nur mit den Rippen

athmen, da das Volumen der Bauchhöhle weniger verändert werden kann. Die Wirkung der einzelnen Muskeln hier zu analysiren, würde zu weit von unserm Ziele abführen; — es genügt, darauf aufmerksam zu machen, daß sie alle zwar vom Willen abhängig sind, aber dennoch nur bis auf einen gewissen Grad, und daß wir ihre Wirkung zwar willkürlich beschleunigen oder verzögern, uns aber dennoch derselben nicht gänzlich enthalten können. Die Athembewegungen gehören, nebst vielen andern Muskelaktionen, zu jener Klasse von Bewegungen, welche einem tieferen Gesetze gehorchen, als der bloßen Willkür; ihre Ursachen und Gründe werden wir in einem späteren Briefe besprechen.

In gewöhnlichem normalem Zustande athmen wir durchaus bewußtlos; wachend und schlafend fahren die Athemmuskeln in ihrem regelmäßigen Spiel fort, und eine bestimmte Anzahl von Inspirationen wird in diesem normalen Zustande beobachtet. Die größere oder geringere Zahl der Athemzüge hängt eines Theils von dem Alter, anderntheils aber auch von der Körpermasse des Individuums ab, sie steht in bestimmter Beziehung zu dem Herzschlage, der ganz in demselben Verhältnisse zur Körpermasse sich befindet. Im Mittel thut ein neugeborenes Kind 45—50 Athemzüge in der Minute, ein fünfjähriges 26; die Zahl nimmt allmählig ab bis in das kräftige Mannesalter von 30—40 Jahren, wo sie zwischen 16 und 18 Athemzügen in der Minute schwankt, um dann im höheren Alter wieder um ein Geringes zuzunehmen. Im Kindesalter gehen 3 bis 3½, im Mannesalter 4 bis 4½ Herzschläge auf einen normalen Athemzug.

Es war ein Ergebniß der einfachsten Erfahrung, daß das Athmen des Menschen und der Thiere die umgebende Luft verändere und allmählig zu weiterem Athmen untauglich mache. Ehe aber die Chemie so weit gekommen war, die Luftarten mit eben so viel Schärfe und Genauigkeit analysiren zu können, als die verschiedenen festen und flüssigen Substanzen, ehe sie so weit gekommen war, konnte man natürlich nicht erwarten, daß eine genügende Erklärung dieser Thatsache und eine vernünftige Ansicht über den Athemprozeß überhaupt aufgestellt würde. Man

kannte die Thatsache, man wußte, daß in engverschlossenen Räumen Menschen und Thiere bald Athembeschwerden bekamen, die Haut blauroth wurde, die tiefsten Athemzüge kein Genügen fanden, und daß bei Fortsetzung der Einsperrung dieselben convulsivisch wurden, das Bewußtsein schwand, und endlich nach den heftigsten Convulsionen und Verdrehungen das Leben allmählich erlosch; man wußte, daß diese Erscheinungen ganz in derselben Weise bei dem Tode durch Erdrosseln oder Ertrinken eintreten; allein den tieferen Grund derselben konnte man nicht erkennen, da die Zusammensetzung der eingeathmeten und ausgeathmeten Luft und somit die Veränderung der Luft durch das Athmen nicht gekannt war. Erst mit Lavoisier, dem Vater der heutigen Chemie, brach auch für den Athemprozeß das Licht an, und seine Arbeit über denselben wird stets als eine der herrlichsten in der Geschichte der Chemie dastehen.

Jedermann weiß, daß bei kalter Luft unser Hauch einen Nebel bildet, der sich an kalte Körper in Gestalt kleiner Tropfen niederschlägt. In unbewohnten Zimmern laufen die Fenster im Winter nicht an, sie gefrieren nicht; sobald aber das Zimmer bewohnt ist, so schlägt sich auch an den von außen erkälteten Scheiben die Feuchtigkeit nieder. Die ausgeathmete Luft enthält demnach eine bedeutende Quantität Wasser in Dampfgestalt, welches durch die Kälte zu Tropfen verdichtet wird, und zwar ist sie, wie die neueren Untersuchungen ergaben, vollständig mit Wasserdampf gesättigt. Die absolute Menge von Wasserdampf, welche ein Gasgemenge aufnehmen kann, richtet sich aber nach der Temperatur desselben; je höher diese ist, desto mehr Wasserdampf bedarf es bis zur vollständigen Sättigung. Die ausgeathmete Luft hat in gewöhnlicher Temperatur nahezu die Wärme des Blutes, während bei bedeutender Kälte ihre Wärme bis auf dreißig und weniger Grad fallen kann. Die innere Erkältung würde noch schneller herbeigeführt werden, wenn nicht in der Lunge selbst eine bedeutende Quantität von Luft, die oben genannte Residualluft, bliebe, welche in beständiger Berührung mit den Wänden der Luftzellen und dem Blute die Temperatur des-

selben annimmt und nur langsam in ihrer ganzen Masse sich erkältet. Die Menge von Wasserdampf, welche wir ausathmen, richtet sich demnach hauptsächlich nach der Temperatur, welche die Luft im Innern der Lunge erhält, und je trockener und kälter die eingeathmete Luft ist, desto mehr Wasser muß in unsern Körper aufgenommen und in den Lungen ausgeschieden werden, um die Ausathmungsluft auf ihren bestimmten Sättigungsgrad bringen zu können. Nur wenn wir eine Luft einathmeten, die 36—38 Grad Wärme hätte und vollkommen mit Wasserdampf gesättigt wäre, nur dann würde der Athemprozeß keinen Verlust an flüssigem Wasser herbeiführen; unter gewöhnlichen Umständen aber muß Wasser aus dem Blute in den Lungen abgeschieden werden, und dieser Verlust, den wir erleiden, wird natürlich um so größer sein, je tiefer und häufiger unsere Athemzüge sind. Der Durst, den wir bei heftigen Muskelanstrengungen, bei Märschen in drückender Sonnenhitze empfinden, findet in diesen Verhältnissen seine Erklärung; wir athmen weit häufiger bei solchen Anstrengungen, es wird eine größere Menge Wasserdampf in den Lungen abgeschieden und durch den Durst drückt der Körper sein Bedürfniß nach Ersatz dieses Wassers aus.

Der innere Bau der Lunge ist vortrefflich zur Realisirung der eben angeführten physikalischen Erscheinungen geeignet. Die Luftröhre theilt sich in einen Ast für jeden Lungenflügel, und jeder dieser Aeste in eine Anzahl von Zweigen und Reiserchen, die endlich in zahllose kleine Bläschen oder Blindsäckchen sich auflösen, deren häutige Umgebung ungemein zart ist. Alle diese Bläschen und Zellchen sind beständig mit Luft erfüllt; eine gesunde Lunge schwimmt deßhalb auf dem Wasser, während die eines Kindes, das noch nicht geathmet hat, darin untersinkt. In den dünnen häutigen Wänden der Lungenzellchen vertheilen sich die Capillarien der Lungengefäße, und ihre Maschen sind so dicht gedrängt, die Zwischenräume zwischen denselben so gering, daß die Lungensubstanz fast nur Inselchen zwischen den Gefäßströmchen bildet. Die außerordentliche Dünne und Zartheit der Wandungen der Lungencapillarien sowohl als auch der Lungen-

zellchen begünstigt den Austausch von gasförmigen und flüssigen Substanzen im höchsten Grade. Das in den Lungen circulirende Blut ist allseitig von Luft, die in den Lungenzellen enthaltene Luft allseitig von strömendem Blute umgeben. So erklärt es sich denn leicht, wie die eingeathmete Luft, so kalt sie auch sein mag, augenblicklich die Temperatur des sie umgebenden Blutes annimmt, so wie sie auch sogleich in der Berührung mit der Blutflüssigkeit sich mit Wasserdampf sättigt.

Es ist eine durch Experimente nachgewiesene Thatsache, daß die Menge der ausgeathmeten Luft durchaus derjenigen der eingeathmeten Luft gleich ist, daß mithin das Volumen der Luft durch den Athemprozeß keine Veränderung erfährt. Die Veränderung, welche die eingeathmete Luft erleidet, kann demnach nur eine chemische sein, und es ist leicht, sich zu überzeugen, daß sie wirklich eine solche ist. Ein Theil des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffes ist nämlich in der Ausathmungsluft durch Kohlensäure ersetzt worden.

Die atmosphärische Luft ist wesentlich ein Gemenge zweier Gasarten : Sauerstoff und Stickstoff, zu welchen sich veränderliche Quantitäten von Kohlensäure und Wasserdampf gesellen; erstere beträgt aber im Durchschnitte nur 0,04 Prozente dem Volumen nach, so daß man also für gewöhnlich diese geringen Kohlensäuremengen gänzlich außer Acht lassen kann. Das Verhältniß des Sauerstoffes zu dem Stickstoffe ist überall, auf Höhen und in Tiefen, in geschlossenen Räumen wie in freier Luft, dasselbe; nur nach lange anhaltendem Regen und auf dem offenen Meere findet man der stärkeren Auffaugung des Sauerstoffes durch das Wasser wegen einen etwas geringeren Sauerstoffgehalt. Den neuesten Untersuchungen zu Folge enthält die Luft im Durchschnitte dem Volumen nach 20,95 Prozent Sauerstoff und 79,05 Prozent Stickstoff, oder, da der Sauerstoff schwerer ist als der Stickstoff, 23,19 Prozent Sauerstoff und 76,81 Prozent Stickstoff. Anders dagegen verhält sich die Ausathmungsluft. Der Stickstoff wird um ein Geringes vermehrt, doch beträgt die Menge des durch die Athmung ausgestoßenen

Stickstoffes meist weniger als $^1/_{100}$ des verzehrten Sauerstoffes und erreicht niemals die Menge von $^1/_{50}$; man kann also, ohne bedeutende Fehler zu begehen, die Veränderung, welche der Stickstoff seiner Menge nach erleidet, völlig außer Acht lassen. Nicht so verhält es sich mit dem Sauerstoffe; ein Theil desselben ist verschwunden und in der Ausathmungsluft durch ein entsprechendes Volumen Kohlensäure ersetzt. Im Mittel enthält die ausgeathmete Luft im Mannesalter 4,380 Prozent Kohlensäure dem Volumen nach, oder, da die Kohlensäure bedeutend schwerer ist als der Sauerstoff, 6,546 Prozente dem Gewichte nach.

Nichts ist leichter, als sich von dem Gehalte der ausgeathmeten Luft an Kohlensäure zu überzeugen. Man braucht nur durch ein Röhrchen in Kalkwasser zu blasen, um sogleich eine Trübung entstehen zu sehen, die sich bald vermehrt und endlich einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk bildet, der mit Säuren übergossen sich mit heftigem Brausen auflöst. Es war von äußerster Wichtigkeit für die ganze Physiologie und namentlich für die Ernährung, zu bestimmen, wie groß die Quantität der von dem Menschen binnen einer gewissen Zeit ausgehauchten Kohlensäure sei, da man hierdurch bei der bekannten Zusammensetzung dieses Gases auch zugleich berechnen konnte, wie groß der Verlust an Kohlenstoff sei, den der Körper durch die Respiration erleide. Die Lösung dieser Aufgabe hat ihre eigenen Schwierigkeiten. Keine Thätigkeit des Körpers ist größeren Schwankungen unterworfen, als gerade die Respiration; die geringste Anstrengung, das kleinste Hinderniß, jede Gemüthsbewegung wirkt bald beschleunigend, bald verlangsamend auf sie zurück, und gerade wenn wir uns zwingen wollen, so regelmäßig als möglich zu athmen, so wird schon durch die geistige Spannung eine gewisse Unregelmäßigkeit bedingt. Die Versuche der neueren Zeit erst, in welchen man allen Verhältnissen so viel Rechnung als möglich getragen hat, und wo durch die zur größten Genauigkeit gesteigerten Mittel der Analyse auch genaue Resultate erlangt wurden, verdienen Zutrauen. Da die Zahl und Tiefe der Athemzüge und somit das Volum der bei jedem Athemzuge und die

lenge, der während einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft
n bedeutendsten Schwankungen je nach Alter, Geschlecht und
örperconstitution unterworfen sind, so mußten die mannichfachsten
ersuche angestellt werden, um zu genügenden Mittelzahlen zu
langen. Es ist hier nicht der Ort, die Methoden auseinander
setzen, deren man sich bediente; sie gehen wesentlich nach zwei
ichtungen auseinander. Bei der einen Art zu verfahren läßt
an ein Individuum ohne Verlust in einen Apparat hinein-
hmen, in welchem man die Kohlensäure und das Wasser auf-
ngt. Man erhält bei diesem Verfahren die Athemprodukte
var allein, aber das Resultat wird durch die oben erwähnten
inflüsse häufig getrübt und deßhalb meist eine zu große Menge
n Kohlensäure erhalten. Nach der andern Methode läßt man
s Individuum in einem geschlossenen Raume athmen, durch
elchen man einen langsamen Luftstrom leiten kann, dessen Ge-
hwindigkeit und Stärke man je nach Bedürfniß regulirt. Mit
esem Luftstrome leitet man die Athemprodukte, Kohlensäure
d Wasser, in besondere Absorptionsapparate, worin sie dem
ewichte oder dem Volumen nach bestimmt werden können. Man
hält auf diese Weise die Produkte der Athmung und der Haut-
sdünstung gemeinschaftlich, und wenn man einmal bestimmt
t, in welchem Verhältnisse beide zu einander stehen, so ist es
ch leicht, bei den gefundenen Mengen die Scheidung vorzu-
hmen. Ein langsamer Luftstrom ist deßhalb durchaus nöthig,
eil beim Athmen in geschlossenem Raume das Individuum bald
thembeschwerden haben würde, welche auf die Regelmäßigkeit
r Athmung selbst den verderblichsten Einfluß äußern müßten.
s versteht sich von selbst, daß die Absorptionsapparate für die
ohlensäure und das Wasser so eingerichtet sein müssen, daß
ch nicht die geringste Spur davon verloren gehen kann, und
ß die Luft, in welcher geathmet werden soll, durchaus von aller
ohlensäure, die sie zuweilen enthält, befreit sein muß. Folgende
abelle giebt die Mittelzahlen der in einer Stunde ausgeathmeten
ohlensäure und des darin enthaltenen Kohlenstoffes in Grammen
00 Gramme = 1 Pfund):

Alter der Männer in Jahren.	Kohlensäure. Mittel.	Verbrannter Kohlenstoff. Mittel.	Menge des verbrannt. Kohlenstoffs in 24 Stunden.
8	18,333	5,0	120,0
10	24,934	6,8	163,2
11 bis 15	29,480	8,04	192,96
16½ „ 20	39,527	10,78	258,72
24 „ 28	44,550	12,15	291,60
31 „ 40	40,333	11,00	264,00
41 „ 50	34,676	9,457	226,968
51 „ 60	31,442	8,575	205,800
63 „ 68	37,521	10,233	245,592
76	22,000	6,00	144,00
92	32,267	8,8	211,2
102	21,634	5,9	141,6

Man kann, sobald das Körpergewicht bekannt ist, aus solchen Untersuchungen eine Mittelzahl berechnen, die man auf einen Kilogramm Körpergewicht bezieht, um einen Maßstab der Vergleichung mit anderen Geschöpfen zu haben. So lieferte ein 33 Jahre alter Mann von 54 Kilogramm Körpergewicht im Durchschnitte 39,146 Gramm Kohlensäure in der Stunde. Es fand mithin eine Absonderung von 0,725 Gramm Kohlensäure für je ein Kilogramm Körpergewicht in der Stunde statt. Dies würde 17,400 Gramm in 24 Stunden machen; eine Zahl, die offenbar viel zu hoch ist. In der That sind die angegebenen Resultate mittelst Athmens in einer Maske durch einen Röhrenapparat hindurch gewonnen, wo durch die Behemmung der Athmungsbewegung angestrengtes Athmen und dadurch eine Vermehrung der abgeschiedenen Kohlensäure hervorgebracht werden mußte. Ebenso wird durch die Multiplikation auf 24 Stunden die Menge der Kohlensäure deßhalb vermehrt, weil die Athemzüge im Schlafe seltener sind als im Wachen und deßhalb in der Nacht eine geringere Produktion von Kohlensäure stattfindet, als am Tage. Nichtsdestoweniger läßt die oben angeführte Tabelle eine Vergleichung zu, da diese Fehler sich bei allen Posten gleichmäßig wiederholen. Man findet sonach, daß die absolute Menge der ausgeathmeten Kohlensäure von der Jugend an bis in das Mannesalter zunimmt, bei kräftigen Männern am stärksten ist

und im Greisenalter wieder abnimmt, daß Muskelbewegung und gute Verdauung die Kohlensäureabgabe merklich erhöht, daß Frauen im Allgemeinen weniger Kohlensäure liefern, als der Mann. Berechnet man aber das Verhältniß der ausgeschiedenen Kohlensäuremenge auf je ein Kilogramm Körpergewicht, so ergiebt sich, daß diese verhältnißmäßige Quantität im Kindesalter am stärksten ist und von da an allmählich abnimmt.

Neuere ausgezeichnete Untersuchungen wurden mit einem komplizirten Apparate angestellt, in dem man freilich nur kleinere Hunde und ähnliche Thiere haben konnte, der aber so eingerichtet war, daß die Thiere Tage lang darin verweilen und sämmtliche Produkte auf das Genaueste bestimmt werden konnten. Die aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff- und Stickstoffmengen, die ausgeschiedenen Kohlensäure-, Wasser- und Stickstoffmengen konnten auf das Genaueste bestimmt, und die Thiere oft drei bis vier Tage in dem Apparate gehalten werden, so daß man bedeutende Mengen der ausgeschiedenen Stoffe erhalten und die Fehler auf ein Minimum herabdrücken konnte. Hierbei fand man denn, daß Säugethiere und Vögel um so mehr Kohlensäure abscheiden, je geringer ihr Umfang ist, und daß das Verhältniß der Kohlensäure hauptsächlich von der eingenommenen Nahrung abhängt. Versuche in einem ähnlichen Apparate an Menschen angestellt ergaben für die durchschnittliche Menge der Kohlensäure für ein Kilogramm Körpergewicht von 0,447 bis 0,592, also Zahlen, die bedeutend unter den durch isolirtes Athmen erhaltenen zurückstehen. Man sieht, daß hier noch weite Schwankungen in den Beobachtungen liegen. Man kann indessen annehmen, daß ein erwachsener Mann im Durchschnitte in 24 Stunden ein Kilogramm Kohlensäure aushaucht, was einer Menge von 273 Grammen oder einem halben Pfunde Kohlenstoff für den Tag entsprechen würde.

Der Gehalt der Ausathmungsluft an Kohlensäure war schon, wenigstens annähernd, von Lavoisier bestimmt worden; es entstand nun die Frage: wo entsteht diese Kohlensäure? Wird sie in den Lungen durch den Respirationsprozeß gebildet, oder

ist sie schon im venösen Blute vorhanden, und wird sie in den Lungen nur abgeschieden und Sauerstoff dafür eingenommen? Man entschied sich unbedingt für die erstere Ansicht, um so mehr, als das Volumen des verschwundenen Sauerstoffes dem Volumen der ausgehauchten Kohlensäure gleich war und man wußte, daß der Kohlenstoff bei seinem Verbrennen das Volum des Sauerstoffes nicht ändere. Eine Kubikflasche reinen Sauerstoffes kann durch Verbrennen von Kohlenstoff in Kohlensäure verwandelt werden, ohne daß sie dabei ihr Volumen ändert; die neu entstandene Gasart ist nur durch Kohlenstoff schwerer geworden. Da dies Verhältniß so genau in dem Respirationsprozesse sich wiederfand, so zögerte man nicht, denselben einer Verbrennung gleich zu setzen, und man behauptete ganz folgerecht, daß der Sauerstoff der Luft in den Lungen an das Blut trete, einen Theil des im Blute enthaltenen Kohlenstoffes verbrenne und sich so in Kohlensäure verwandele, die durch die Ausathmung abgeschieden werde. Man fand zugleich in dieser Ansicht eine natürliche Erklärung der thierischen Wärme. Der Kohlenstoff entwickelt beim Verbrennen Wärme; der Verbrennungsprozeß in den Lungen mußte ebenfalls Wärme entwickeln, und da das Athmen eine beständig fortdauernde Funktion ist, so mußte diese Wärmequelle eine anhaltende, constante sein. Zudem gelang es nicht, Gasarten aus dem arteriellen oder venösen Blute abzuscheiden, alle Versuche dieser Art scheiterten, und man fand in dem Verhältniß zwischen Athmung und Wärmeentwicklung so viel Nutzen für die herrschende Ansicht, daß man kaum daran dachte, eine andere Erklärung zu suchen.

Indeß wurde doch später durch einen einfachen Versuch nachgewiesen, daß ein solcher einfacher Verbrennungsprozeß nicht einzig in den Lungen stattfinden könne. Wenn man nämlich ein Thier, einen Frosch, einen Vogel, ein Kaninchen unter eine völlig gesperrte Glasglocke bringt, die mit einem Gase erfüllt ist, das zwar an sich keine giftige Wirkung auf den Organismus hat, aber doch nicht den Athemprozeß unterhalten kann, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickstoffgas, so fährt das Thier noch eine

Weile fort zu athmen, erstickt aber bald. Untersucht man nun die in der Glasglocke enthaltene Luft, so findet man, daß sie eine gewisse Quantität Kohlensäure enthält. Das Thier hat also, troß dem, daß Wasserstoff oder Stickstoff keine Kohlensäure bilden können, dennoch diese Gasart ausgeathmet; es kann somit die Kohlensäure nicht unmittelbar in den Lungen aus dem Kohlenstoff des Blutes durch Verbrennung gebildet werden, sie muß schon vorausgebildet in dem Blute enthalten sein. Man fand außerdem durch Versuche, daß das Blut der Lungen nicht bedeutend wärmer sei, als das anderer Körpertheile, während doch nothwendig, im Falle wirklich die Lungen der thierische Ofen wären, wenn ich mich so ausdrücken darf, hier auch die Wärme größer als in den Leitungsröhren sein müßte.

Man hat durch direkte Versuche ermittelt, daß man wirklich aus dem Blute theils unmittelbar durch die Luftpumpe, theils durch Schütteln mit andern indifferenten Gasarten, wie z. B. Wasserstoff, Luft entwickeln könne. Wir haben oben gesehen, daß der Gasgehalt in dem Blute ziemlich bedeutend, und daß in dem hellrothen arteriellen Blute verhältnißmäßig weit mehr Sauerstoff enthalten sei, als in dem dunkeln venösen. Berücksichtigt man einzig diese Thatsache, so kann die Rolle, welche die Lunge in dem Respirationsprozesse spielt, nicht mehr zweifelhaft sein. Sie ist dann offenbar nur die Filtrirmaschine, durch welche die Kohlensäure des venösen Blutes gegen den Sauerstoff der Luft ausgetauscht wurde, und die Verbrennung des Kohlenstoffs wird demnach nicht in den Lungen vor sich gehen, sondern vielmehr überall in allen Gebilden des Körpers, wo Stoffwechsel durch Blutcirculation unterhalten wird. In dem Ernährungsprozesse der Gebilde müssen die chemischen Veränderungen vor sich gehen, welche die Bildung der Kohlensäure bedingen, und durch die im arteriellen Blute gegebene stete Zufuhr von Sauerstoff werden die chemischen Veränderungen bedingt, wird das zu den Umwandlungen nöthige Element geliefert.

Mit dieser Ansicht des Athemprozesses stehen auch manche sekundären Erscheinungen der Wärmeerzeugung vollkommen im

Einklang. Es ist eine Thatsache, daß Muskelbewegungen stärkere und häufigere Athemzüge und lebhaftere Körperwärme bedingen; allein beobachtet man genauer, so ergiebt sich, daß diese lebhaftere Wärme erst einige Zeit nach der Beschleunigung der Athmung eintritt und daß sie auch partiell mehr das bewegte Glied betrifft, als den ganzen Körper. Die Beschleunigung der Athmung bringt aber natürlich schnelleren Herzschlag, schnelleren Blutlauf, somit lebhaftere Sauerstoffzufuhr und lebhafteren Umsatz der Gebilde. Die partielle Wärmeerhöhung rührt daher, daß Bewegung stets auch den chemischen Umsatz befördert, beschleunigt und somit durch die Bewegung des Beines z. B. in diesem der Umsatz der Gebilde, die Ernährung und somit die Wärmeerzeugung verstärkt wird.

Indeß kennen wir auch Thatsachen, welche beweisen, daß diese Abfiltrirung des in dem Blute enthaltenen Gases nicht die einzige Thätigkeit der Lunge ausmache, sondern daß wirklich auch in diesem Organe ein Stoffwechsel vorkommen müsse. Unmittelbar nach einer Mahlzeit wird die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure bedeutend gesteigert. Wie wir wissen, enthält das aus der Leber kommende Blut der Lebervenen eine bedeutende Menge Zucker, die in der Lunge gänzlich zu Grunde geht, also offenbar höher oxydirt, verbrannt wird. So sehen wir denn auch hier den Athmungsprozeß nicht auf so einfache Verhältnisse zurückgeführt, wie man dies vermuthen könnte, sondern aus mehreren Faktoren zusammengesetzt, von denen indeß der zuletzt erwähnte, der Verbrennungsprozeß in den Lungen, verhältnißmäßig bedeutend kleiner ist als der andere, so daß man nicht im Unrecht ist, wenn man behauptet, daß die in den Lungen ausgeschiedene Kohlensäure in direktem Verhältnisse zu der in dem Blute enthaltenen Kohlensäuremenge stehe. Daß diese letztere vielfach, je nach der Ernährung der einzelnen Gebilde, dem Stoffumsatze der verschiedenen Organe, wechseln müsse, läßt sich von vorneherein annehmen und wird auch dadurch bewiesen, daß man bei sonst ganz gleichen Verhältnissen oft sehr bedeutende Schwankungen in dem Gehalte der ausgeathmeten Luft wahrnimmt,

die gewiß in dem veränderten Gasgehalte des Blutes beruhen.

Kehren wir indeß nach dieser Abschweifung, auf deren nähere Verhältnisse wir bei der Ernährung und der Erzeugung der thierischen Wärme eingehen werden, noch einmal zu dem Athemprozesse und der Rolle, welche die einzelnen dabei betheiligten Organe spielen, zurück. Die Thatsache, daß in dem Akte der Athmung Kohlensäure aus dem dunkeln Blute abgeschieden und dafür Sauerstoff aus der Luft aufgenommen werde, ist ein für allemal festgestellt. Allein es handelt sich darum, zu bestimmen, welchen Antheil bei diesem Prozesse die verschiedenen Bestandtheile des Blutes haben; ob überhaupt die aufzunehmenden und ausgeworfenen Gasarten einen bestimmten Bezug zu der einen oder andern, morphologischen oder chemischen Substanz des Blutes haben, und in wie fern dies ewige Wechselspiel zwischen Kohlensäure und Sauerstoff, welches in den Lungen und Körpercapillaren statt hat, erklärt werden könne?

Wir haben in einem vorhergehenden Briefe die morphologische Zusammensetzung des Blutes kennen gelernt und gefunden, daß im lebenden Körper zwei Bestandtheile unterschieden werden können : festere münzenartige Plättchen, die Blutkörperchen, und eine klebrige Flüssigkeit, worin sie schwimmen, das Plasma. Die Blutkörperchen sind die Träger des Farbstoffes; das Plasma für sich allein, von den Körperchen getrennt, ist farblos; es erhält eine gelbliche Färbung nur durch Auflösung des in den Blutkörperchen befindlichen Blutrothes, und solche Auflösung findet nur in krankhaften Verhältnissen statt. Das frische Blutroth hat eine dunkle, blaurothe Farbe; durch Aufnahme von Sauerstoff wird es kirschroth, und es ist leicht durch Versuche nachzuweisen, daß die Blutkörperchen sehr begierig den Sauerstoff der Luft anziehen und dadurch ihre Farbe ändern. In dem Plasma befindet sich kein Stoff, welcher mit dem Blutrothe in dieser Verwandtschaft zu dem Sauerstoff wetteifern könnte. Es darf demnach der Schluß wohl gerechtfertigt erscheinen, daß die Blutkörperchen diejenigen Formbestandtheile des Blutes sind, welche

den Sauerstoff der Luft an sich ziehen und ihn so den Organen des Körpers zuführen.

Man hat geglaubt, die Kohlensäure, welche man in dem dunklen, venösen Blute vorfindet, sei darin frei aufgelöst enthalten. Allein das Plasma, die Blutflüssigkeit, enthält ein Salz aufgelöst, welches äußerst leicht Kohlensäure einschluckt und sich damit chemisch verbindet; das Plasma enthält kohlensaures Natron, das, mit Kohlensäure in Berührung gebracht, sich in doppelt kohlensaures Natron umwandelt. Die Kohlensäure, welche in den Lungen ausgestoßen wird, bildet sich durch den Prozeß der Ernährung im Inneren der Gewebe; sie wird durch Imbibition von den Körpercapillaren aufgenommen und verbindet sich in diesen, wenigstens theilweise, mit dem kohlensauren Natron des Plasma's, da dessen Menge nicht hinreichend ist, um die sämmtliche Kohlensäure aufzunehmen. Die überschüssige Kohlensäure bleibt in der Blutflüssigkeit aufgelöst.

Sauerstoff und Kohlensäure, die beiden in der Respiration betheiligten Gase, sind demnach an verschiedene Bestandtheile des Blutes gebunden: der Sauerstoff an das Blutroth der Körperchen, die Kohlensäure an das Natron und die Flüssigkeit des Plasma's. Beide Gase werden an verschiedenen Orten aufgenommen und abgeschieden: der in den Lungen aufgenommene Sauerstoff wird in dem Gewebe der Organe, in der Blutbahn der Capillaren abgesetzt, und die an diesem Orte gebildete Kohlensäure in den Lungen abgeschieden.

Die Abscheidung der Kohlensäure und die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen stehen in einem gewissen Verhältnisse zu einander, das sich hauptsächlich bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen nach der eingenommenen Nahrung richtet. Thiere, welche mit Brot und Körnern gefüttert werden, athmen in der Kohlensäure, die sie entbinden, mehr Sauerstoff aus, als aus der eingeathmeten Luft verschwindet. Bei Brot- und Körnernahrung wird demnach sicherlich ein Theil des ausgeathmeten Sauerstoffes aus der Nahrung bereitet, und es ist dies, wie wir früher gesehen, wohl sicherlich der Umwandlung der stärkmehl-

haltigen Substanzen in Fett zuzuschreiben, wobei diese einen Theil ihres Sauerstoffes verlieren müssen. Das umgekehrte Verhältniß findet bei Fleischfütterung statt. Der Sauerstoff der ausgeathmeten Kohlensäure übertrifft dann die Menge des eingeathmeten, und das Verhältniß bleibt sich gleich, wenn auch das Thier gänzlich fastet.

Bevor indeß der Austausch der Gase in dem durch die Lungen strömenden Blute stattfinden kann, muß die eingeathmete Luft zu demselben gelangen und bis an das letzte Ende der Lungenzellen bringen. Hier findet nun schon insofern ein Austausch statt, als der eintretende Athemzug auf die im Inneren der Lungen befindliche Residualluft trifft, die stets noch reicher an Kohlensäure ist, als die ausgeathmete Luft selber. Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß das Verhältniß der Kohlensäure nicht zu allen Zeiten der Ausathmung dasselbe ist, sondern daß gegen das Ende der Ausathmung die Luft reicher an Kohlensäure ist, als an dem Anfang. Athmet man nach einem gewöhnlichen Einzuge gewöhnlich aus, und preßt man dann, ohne wieder einzuathmen, noch einen Theil der Luft, die in den Lungen geblieben wäre, aus, so enthält diese letztere Portion eine bei weitem größere Quantität Kohlensäure, als die erstere. Die Residualluft hat demnach einen beständigen größeren Kohlensäuregehalt und mischt sich vor allen Dingen mit der beim Einathmen eindringenden atmosphärischen Luft. Eine Mischung zwischen beiden Gasen würde zwar schon auch ohne die Athembewegungen statt haben, während durch diese Bewegungen ein Luftstrom in die innerhalb der Lungen stagnirende kohlensäurereiche Luftmenge mit Gewalt eingepreßt wird, dort sich mit einer gewissen Menge Kohlensäure sättigt und dann wieder ausgetrieben wird. Durch diese Mischung wird die Residualluft etwas ärmer an Kohlensäure, und der Abgang an diesem Stoff augenblicklich aus dem Blute ersetzt. Der Mechanismus der Athembewegungen läßt sich demnach etwa mit dem einer Pumpe vergleichen, die in ein Reservoir, welches Salzwasser enthält, mit jedem niedergehenden Pumpenstoße reines Wasser einspritzt und salziges

Wasser emporhebt. Würde das Reservoir nicht aus einer Salzquelle gespeist, so wäre sein Salzgehalt bald gänzlich erschöpft; findet aber eine stete Speisung statt, so wird man in dem Reservoir stets eine stärkere Salzsoole finden, als diejenige ist, welche die Pumpe hervorhebt.

Aber nicht bloß in den Lungen, auch in den peripherischen Capillaren des Körpers geht ein beständiger Austausch von Gasen vor sich, und zwar in umgekehrter Ordnung. Die durch die Ernährung der Theile gebildete Kohlensäure tritt in das Blut über und statt ihrer wird Sauerstoff aus dem Blute aufgenommen. Der in der Athmung aufgenommene Sauerstoff verläßt demnach das arterielle Blut wieder; die Farbe der Blutkügelchen wird blauer.

Offenbar kann diese Ausscheidung von Sauerstoff nur darin beruhen, daß die Blutkörperchen theilweise sich auflösen, ihr Farbestoff sich zersetzt und der dadurch frei gewordene Sauerstoff in die Gewebe tritt. Dieser Sauerstoff kann nicht im Plasma aufgelöst bleiben, denn direkte Versuche belehren uns, daß dasselbe nur sehr wenig Sauerstoff aufnimmt. Dagegen wissen wir durch Versuche, daß der geronnene Faserstoff sehr lebhaft Sauerstoff einschluckt und ihn in Kohlensäure verwandelt; — es ist mithin wahrscheinlich, daß der durch Zerstörung der Blutkörperchen aus dem Blute getretene Sauerstoff auf die festen Faserstoffgebilde des Körpers einwirkt und sich mit diesen verbindet.

Wir kennen kein Gewebe im ganzen Körper, welches mit solcher Begierde den Sauerstoff an sich zieht, als die Blutkörperchen; es kann mithin auch keine Kraft im Körper existiren, welche mächtig genug wäre, die Blutkörperchen ihres Sauerstoffes zu berauben; nur durch Zerstörung und Umsetzung derselben ist dies möglich. Daß aber eine solche Zerstörung der Blutkörperchen, Auflösung derselben im Plasma und beständige Wiedererzeugung, sowohl aus den Lymph- und Chyluskörperchen, als auch innerhalb der Bahnen des Kreislaufes selbst, vor sich gehe, scheint nicht nur theoretisch begründet, sondern auch durch die unmittelbare Erfahrung bestätigt. Ich habe schon oben, in dem

Briefe vom Blute, auf das Verhalten der Blutkörperchen unter dem Mikroskope und gegen Reagentien aufmerksam gemacht, und wenn auch unsere Beobachtungen noch nicht so weit gehen, um mit Bestimmtheit die Veränderungen darzulegen, welche die Blutkörperchen während ihrer Existenz durchlaufen, so scheint doch wenigstens so viel ausgemacht, daß ein gewisser Bildungscyclus ihnen vorgezeichnet ist. Warum sollte dies auch nicht der Fall sein? In allen Gewebtheilen des Körpers sehen wir einen steten Umschwung, selbst in den festesten Bestandtheilen, den Knochen, geht beständig Zerstörung des Vorhandenen, Ersatz des Zerstörten und Neubau Hand in Hand; sollen die Blutkörperchen die einzigen Gewebtheile sein, die keinen cyclischen Veränderungen unterworfen sind? Gewiß aber stehen diese Veränderungen in den nächsten Beziehungen zum Athemprozeß, und namentlich scheinen die Phänomene, welche bei der Transfusion des Blutes von verschiedenen Thieren sich einstellen, darauf hinzudeuten. Bekanntlich kann man einem durch Blutverlust entkräfteten Thiere Blut, welches von einem anderen Individuum derselben Art herrührt, nicht nur ohne Nachtheil, sondern sogar mit Vortheil einspritzen; es erholt sich. Selbst geschlagenes, mithin seines Faserstoffes beraubtes Blut hat denselben belebenden Einfluß. Allein die Einspritzung von Blut eines Thieres aus einer anderen Klasse tödtet fast augenblicklich. Vogelblut einem Säugethiere, Säugethierblut einem Vogel eingespritzt, tödtet unmittelbar, selbst in kleinen Quantitäten, und in dem letzteren Falle kann der Tod nicht der verschiedenen Größe der Blutkörperchen und einem dadurch bedingten Hinderniß in der Circulation innerhalb der Capillargefäße zugeschrieben werden, denn die Blutkörperchen der Säugethiere sind kleiner, als die der Vögel. Meines Erachtens kann diese giftige Wirkung der Einspritzung (Transfusion) von Blut einer anderen Spezies nur in der Beziehung der Blutkörperchen zum Respirationsprozesse gesucht werden, zumal da das seiner Blutkörperchen beraubte Serum keinen solchen verderblichen Einfluß übt.

Auf der andern Seite ist, wie wir oben gezeigt haben, durch

die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen ein Theil des im venösen Blute enthaltenen doppelt kohlensauren Natrons in einfach kohlensaures Natron verwandelt worden, welches mit dem arteriellen Strome in die peripherischen Capillaren des Körpers fortgerissen wird. Dort trifft es die aus den Geweben gebildete Kohlensäure an, welche es gierig anzieht, um sich aufs Neue mit derselben zu doppelt kohlensaurem Natron zu verbinden.

Sollen wir nun die Rolle, welche die im Blute enthaltenen Gase und die Bestandtheile des Blutes selbst spielen, näher bezeichnen, so wäre dies etwa in folgenden Sätzen zu geben: Die Gase des Blutes sind nicht in demselben aufgeschwämmt (diffundirt), sondern an einzelne Formelemente desselben gebunden. Die Blutkörperchen sind Sauerstoffschwämme. Das kohlensaure Natron des Plasma's bindet theilweise die Kohlensäure. In dem Athmungsprozesse wird Sauerstoff aufgenommen und eine entsprechende Menge Kohlensäure abgeschieden; der Sauerstoff gelangt in die Gewebe durch Zerstörung der Blutkörperchen innerhalb der Capillaren des Körpers. Die Kohlensäure gelangt in das Blut der Körpercapillaren durch Anziehung vermittelst des im Plasma enthaltenen einfach kohlensauren Natrons.

So sehen wir denn von dem ersten Eintreten des Sauerstoffes mit der Einathmungsluft bis zur endlichen Austreibung der Kohlensäure eine beständige Verkettung von Ursachen und Wirkungen, die durch den Austausch zwischen zwei Gasströmen sich herstellen, die in umgekehrter Richtung den Körper durchlaufen und in beständiger Wechselwirkung sich befinden. Während der Sauerstoff von außen her durch die Lungenzellen eindringt, durch die Blutflüssigkeit hindurch bis zu den Körperchen bringt und sich theils mechanisch in dem Blute auflöst, theils chemisch bindet, während er in diesem Zustande durch den arteriellen Blutstrom fortgerissen in alle Organe des Körpers vertheilt wird, diese durchdringt und die Zersetzung der organischen Substanz einleitet, wird die Kohlensäure an denselben Endpunkten durch die Verbindung des Sauerstoffes mit der organischen Substanz

erzeugt, von dem venösen Blutstrom fortgeschwemmt, theilweise frei gelöst, theilweise an kohlensaures Natron gebunden und so in die Lungen gebracht, wo sie aus den Capillaren in die Lungenzellen übertritt und endlich mit der Ausathmungsluft entfernt wird. Ueberall aber, wo ein Austausch der Gase stattfindet, in dem Gewebe der Organe, in dem Blute, das in den Haargefäßen des Körpers oder der Lungen kreist, in den Lungenzellen, wie in der Luftröhre und deren größeren Aesten — überall beruht dieser Austausch auf der Verschiedenheit des Gasgehaltes der mit einander in Berührung kommenden Stoffe und auf der versuchten Herstellung des Gleichgewichtes zwischen denselben. So begründet sich also dieser Austausch auf höchst einfache physikalische Gesetze, die bei der engen Beziehung des Athmungsprozesses zu allen Funktionen des Organismus als oberste Regulatoren des Lebensprozesses erscheinen.

Sechster Brief.

Die Absonderung.

An allen freien Oberflächen des Körpers, von welcher Gestalt sie auch sein mögen, sehen wir unter normalen Umständen eine beständige Ausscheidung gasförmiger oder flüssiger Bestandtheile vor sich gehen. Auf der äußeren Haut, auf der inneren Oberfläche der Schleimhäute, der sogenannten serösen Umhüllungshäute, wie Brust- und Bauchfell, ist dieser Ausscheidungsprozeß in immerwährender Thätigkeit begriffen. Die Absonderungsprodukte dieser flächig ausgebreiteten Organe werden theils, wie von den Schleimhäuten des Mundes, der Lunge, des Darmkanales u. s. w., nach außen geschafft, theils aber auch bleiben sie, wie in den geschlossenen Säcken der serösen Häute, innerhalb derselben in geringer Menge aufbewahrt, und nur zuweilen, in krankhaften Verhältnissen, wie z. B. bei der Wassersucht, sammeln sie sich in solcher Menge darin an, daß die Entfernung der angehäuften Flüssigkeit nothwendig wird.

Außer diesen flächigen Absonderungsorganen aber finden sich noch im Körper eine große Menge besonderer, zu dem speziellen Zwecke der Absonderung bestimmte Organe, welche einen zusammengesetzteren Bau haben und die wir unter dem Namen der Drüsen begreifen. Das Prinzip des Baues dieser Drüsen ist äußerst einfach; es beruht auf dem Grundsatze, daß eine gebogene oder gewundene Haut auf demselben Raume weit mehr Fläche darbietet, als eine gerad ausgebreitete. Eine freie Oberfläche ist stets ein wesentliches Erforderniß zur Absonderung; wird aber diese freie Oberfläche aus gewundenen Schläuchen

gebildet, so kann sie eine ungeheuere Ausbreitung bieten und dennoch auf einen kleinen Raum zusammengedrängt sein. Die Grundform der Drüsen ist deßhalb ein länglicher Blindsack, dessen Oeffnung sich auf der Oberfläche befindet, auf welche das Sekret ausgeführt werden soll. Dieser Sack erhält seitliche Verzweigungen, Verästelungen, die sich zu Röhren ausspinnen, welche sich zusammenknäueln, und bald in körnigen, traubenförmigen oder zelligen Bläschen ihr Ende finden. So bietet denn jede Drüse gleichsam das Bild eines mehr oder minder verästelten Baumes dar, dessen Stamm der Ausführungsgang ist. Die Röhren und Ausführungsgänge sind im Inneren von eigenthümlichen Häuten, die oft außerordentlich fein werden, ausgekleidet, und in und auf diesen Häuten verbreiten sich die Blutgefäßnetze, aus welchen dann der Absonderungsstoff, das Sekret, geliefert wird. Die feinsten Drüsengänge sind immer noch weit dicker, als die feinen Capillaren der Blutgefäßnetze, und man kann kein treffenderes Bild für das Verhältniß zwischen Drüsengang und Blutgefäßnetzen finden, als dasjenige eines Fingers, der von einem Seidenhandschuh eingehüllt ist und wo der (hohle) Finger dem blinden Ende des Drüsenganges, das Seidengewebe dem Capillargefäßnetze entsprechen würde.

Wie außerordentlich weit die Vergrößerung der absondernden Oberfläche innerhalb einer Drüse durch Verzweigung und Verknäuelung der Drüsengänge und Bläschen durch die Natur getrieben wird, dies zeigen folgende Beispiele. Die Samenröhrchen des Hodens würden, zu einer einzigen Röhre zusammengefügt, eine Länge von 1015—1250 Pariser Fuß betragen und die gesammte Absonderungsfläche einen Rauminhalt von 17,7—20 Quadratfuß darbieten. Eine einzige Niere bietet eine Absonderungsfläche von 43,55 Quadratfuß. Man hat den angestellten Messungen zu Folge eine Tabelle der einzelnen Drüsen des menschlichen Körpers entworfen, worin bestimmt ist, wie viel Quadratfuß Absonderungsfläche ein Kubikzoll Volumen einer jeden Drüse zeigte, und man hat folgende Verhältnißzahlen gefunden, welche freilich nur entfernt approximativ sein können :

1 Kubikzoll	Hode hat	. .	2,58	Q.-Fuß	Absonderungsfläche.
"	"	Niere . . .	6,43	"	"
"	"	Ohrspeicheldrüse	8,71	"	"
"	"	Thränendrüse .	9,05	"	"
"	"	Unterzungendrüse	9,34	"	"
"	"	Unterkieferdrüse	10,52	"	"
"	"	Bauchspeicheldrüse	12,63	"	"

Von besonderem Einflusse auf die Art der Absonderungen sind gewiß die inneren Auskleidungen der Drüsengänge, sowie die Beschaffenheit des Blutstromes, welcher ihnen zugeleitet wird. Letztere kann insofern einen Einfluß üben, als bei weiteren Gefäßen und rascherem Blutstrome möglichst viel Blut durch die Drüse geführt und demnach die Zufuhr neuen Stoffes beschleunigt wird. Von noch größerem Einflusse aber ist die innere Auskleidung. Diese besteht bei allen Drüsen mit vielleicht alleiniger Ausnahme der Leber aus einem Belege von Zellen, die bald mehr rundlich oder pflasterartig, bald mehr cylindrisch sind, und dann wie Pallisaden neben einander stehen. Im Allgemeinen nennt man diese Belege von Zellen auf den inneren Oberflächen des Körpers Epithelien, und unterscheidet je nach der Form pflasterartige, cylindrische und Flimmerepithelien. Losgestoßene Theile dieser Zellen sind es, welche die verschiedenen Flüssigkeiten der inneren Oberfläche schleimig machen. In den Drüsen nun findet man stets solche innere Epithelien, die theilweise mit der Absonderung abgestoßen werden, und die sehr häufig die charakteristischen Bestandtheile der Drüsenabsonderung enthalten. Man hat hier namentlich häufig auf die sogenannten Leberzellen hingewiesen, in welchen man nicht selten gelbe Kügelchen oder unbestimmt begränzte gelbliche Massen findet, die auch in der Galle selbst vorkommen und offenbar mit Gallenfarbstoff getränktes Fett sind. Wie wir indessen in einem früheren Briefe gesehen haben, so dürften diese Leberzellen wohl schwerlich als Beweise dienen, da sie von manchen Forschern nur als abgerissene Stücke der letzten Gallengänge angesehen werden. Unzweifelhaft aber ist z. B. die Gegenwart von Harnsäure in

den Zellen der Nierenkanäle mancher niederen Thiere, die Entstehung der Samenthierchen in den eigenthümlichen Zellen, welche die Hodenkanäle erfüllen, und es dürfte demnach wohl keinem Zweifel unterliegen, daß auch da, wo wir die eigenthümlichen Auswurfsstoffe einer Drüse unter dem Mikroskope nicht sehen können, weil dieselben in dem Wasser der Flüssigkeit aufgelöst sind, dennoch diese eigenthümlichen Stoffe innerhalb der Drüsenzellen sich ausscheiden. Wir werden auf diese Frage, welche für die Mechanik der Drüsenabsonderung im Ganzen und selbst für die Ansicht von der Ernährung überhaupt äußerst wichtig ist, im Verlaufe dieses Briefes zurückkommen.

Von den sämmtlichen Drüsen und flächigen Absonderungsorganen des Körpers sind für uns, die wir in das Speziellere nicht eingehen können, nur drei von wesentlichem Interesse: die Haut, als Absonderungsorgan des Schweißes und der Ausdünstung, die Leber, der Galle wegen, und endlich die Nieren, in welchen eine der wesentlichsten Auswurfsflüssigkeiten, der Harn, abgeschieden wird. Wir haben schon in einem vorhergehenden Briefe den Bau der Leber und die Eigenthümlichkeit ihres fetten und alkalischen Sekrets, der Galle, näher in's Auge gefaßt.

Die Struktur der **Haut** hat zu den mannichfachsten Controversen Anlaß gegeben. Man hat vielleicht bei diesen Untersuchungen den großen Fehler begangen, daß man Verhältnisse, die man in einzelnen Fällen auffand, gleich als allgemeine Gesetze aufstellen wollte. Gerade bei der allgemeinen Bedeckung des Körpers aber giebt es, wie Jedermann wohl aus dem bloßen Augenschein weiß, die mannichfachsten Verschiedenheiten, und es heißt wahrlich die gesunden fünf Sinne beleidigen, wenn man behaupten will, daß die Haut einer zarten Blondine, durch deren weichen Sammet alle Adern durchschimmern, dieselbe numerische Zusammensetzung habe, wie die rissigen Borken, welche den Körper eines Grobschmiedes decken. Die geübte Zunge eines Gastronomen schmeckt Verschiedenheiten, welche den Reagentien des gewandtesten Chemikers entgehen; das Mikroskop

und das Scalpell des Anatomen sind ebenfalls nur unvollkommene Werkzeuge, wenn man sie mit unserem Auge und unserer Hand vergleicht.

Im Allgemeinen besteht die Haut aus zwei Schichten, einer äußeren, aus dünnen Plättchen zusammengesetzten Schicht, welche sich beständig abschilfert und stets wieder neu aus der Tiefe ersetzt. Wir nennen diese Schicht die Oberhaut oder Epidermis. Sie ist durchscheinend, nur schwer für Wasser durchdringlich und läßt sich selbst wieder mehr oder minder deutlich in zwei Schichten theilen, von denen die äußere, frei zu Tage liegende, mehr verhornt und durch diesen Verhornungsprozeß in ihrer Struktur unkenntlich gemacht ist, während die innere Schicht, die man das Malpighi'sche Netz genannt hat, aus einer weichen schleimigen Zellenlage besteht, die sich immer wieder von Neuem bildet, sobald die äußeren Zellen gänzlich verhornt und abgeschilfert sind. In der verhornten äußeren Lage der Oberhaut hängen die einzelnen Zellen so zusammen, daß man die Lage selbst als eine zusammenhängende Haut besonders nach Einwirkung von Blasen ziehenden Substanzen oder von kochendem Wasser abziehen kann. In den noch frischen unverhornten Zellen des Malpighi'schen Netzes finden sich an denjenigen Hautstellen, wo eine braunere Farbe hervortritt, Anhäufungen eines dunkelbraunen körnigen Pigmentes, das bei der Verhornung allmählich verschwindet. Die Farbe des Europäers wird dadurch hervorgebracht, daß das Blutroth der Gefäße, welche sich in der Lederhaut befinden, durch die etwas gelblich durchscheinende Oberhautschicht hindurchschimmert. Je dünner diese Oberhautschicht, desto stärker tritt, wie an den Wangen und Lippen, die rothe Farbe hervor, während da, wo sie sehr dick ist, wie an den Fußsohlen, das Gelblichweiß der Oberhaut überwiegt. Die Hautfarben der verschiedenen Völker werden einzig und allein durch verschiedene Mischung der drei färbenden Elemente : das Roth der Blutgefäße, das Braun des Pigmentes, und das Gelbweiß der Oberhaut, hervorgebracht. Die Haut des Negers unterscheidet sich von derjenigen des Europäers nur dadurch, daß die

ige des Malpighi'schen Netzes bedeutend mächtiger und die
ellen mit dem schwarzbraunen Pigmente überfüllt sind. Unter
r Oberhaut liegt die Lederhaut, ein dichter Filz unter
nander gewebter Fasern von Bindegewebe und elastischem Ge-
ebe, zwischen denen sich noch glatte Muskelfasern befinden,
elche eigenthümliche Zusammenziehungen bewirken, die wir mit
m Ausdrucke der „Gänsehaut" bezeichnen. Die der Oberhaut
ıgewandte Fläche der Lederhaut ist nicht eben, sondern mit
ner Menge von Hervorragungen versehen, welche bald nur
igelig, bald mehr zapfenartig erscheinen und die man die
autwärzchen genannt hat. An der Innenseite der Finger
rängen sich diese Hautwärzchen so zusammen, daß sie geschwun-
ne Linien bilden, die auf jedem Finger eine eigenthümliche
eichnung darstellen. Betrachtet man die Innenfläche der Hohl-
and mit einer stärkeren Loupe, so sieht man, daß sowohl auf
n vorragenden Leistchen, wie in den eingegrabenen Linien,
urch welche dieselben getrennt werden, feine Grübchen sich öffnen,
ıf denen man oft ein krystallhelles Tröpfchen bemerkt. Dies
nd die Oeffnungen der Drüsen, von welchen sich zweierlei
rten in dem Gewebe der Haut finden: die einen öffnen sich
eist in der Nähe der Haare oder in dem Kanal selbst, worin
as Haar steckt; sie sondern eine fettige, talgartige Masse ab,
an nennt sie Talgdrüsen; — die andern, die Schweiß-
rüsen, liegen alle unter der Haut im Zellgewebe und sen-
n einen korkzieherartig gewundenen Ausführungsgang durch die
chichten der Haut und Oberhaut hindurch bis auf die Ober-
äche. Die meisten Schweißdrüsen finden sich sonderbarer
Weise an der Sohle und an der Hohlhand, bekanntlich zwei
Stellen, an denen man selten oder nie schwitzt; die größten
ıssen sich in der Achselhöhle antreffen. Man hat berechnet,
aß in der Hohlhand, welche die meisten Schweißdrüsen besitzt,
ch deren 2736 auf einem Quadratzolle Oberfläche befinden,
ährend am Nacken und Rücken, wo sie am seltensten sind, nur
wa 417 auf dem Quadratzolle sich finden. Aus dieser Ver-
eilung der Drüsen geht schon hervor, daß ihre Beziehung zu

dem Schweiße nicht exklusiv sein kann, sondern daß, wie auch aus anderen Betrachtungen hervorgeht, die Hautausdünstung unmittelbar, ohne Vermittlung der Drüsen, aus dem Blute der Haut geschieht. In gewöhnlichen Zuständen ist die Hautaussonderung nur eine Verdunstung; die Stoffe gehen in Gasform, für uns unsichtbar, davon; — man kann sich aber durch einen sehr einfachen Versuch davon überzeugen, daß diese Absonderung eine beständige sei. Zu diesem Ende stecke man nur den Arm in einen Glascylinder, den man so gut als möglich fest anschließen läßt. Wenn auch keine Spur von Schweiß sichtbar war, so wird doch der Cylinder bald inwendig beschlagen und endlich werden sich an den Wänden Tropfen einer klaren, salzig schmeckenden Flüssigkeit ansammeln, die viel flüchtige organische Stoffe enthält und deßhalb sehr leicht fault.

Die Menge der Hautausdünstung und besonders die Schweißbildung hängt zunächst von der Individualität ab. Die Einen schwitzen bei dem geringsten Anlasse, die Anderen nur sehr schwer. Nächst der Individualität aber äußern die Menge der genossenen Getränke, so wie die Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre den entschiedensten Einfluß auf die Menge des durch die Hautausdünstung entleerten Wassers, die wieder mit derjenigen des Urines balancirt. Je größer die Hitze, je trockener die Luft, desto mehr verlieren wir durch Ausdünstung und Schweiß; desto gefärbter und wasserarmer wird aber auch unser Urin, während im Gegentheile in den kälteren Wintermonaten letzterer um so wässeriger wird, je mehr die Hautausdünstung auf ein Minimum zurücksinkt. Es wird aus diesen Thatsachen erklärlich, warum in heißen und warmen Klimaten das Verhältniß der unmittelbar wägbaren Ausleerungen, Koth und Harn, zu den gasförmigen, Haut- und Lungenausdünstung oder Perspiration, ein anderes ist, als in gemäßigten, kalten und feuchten Zonen. In den letzteren, wo die Luft fast beständig mit Feuchtigkeit geschwängert ist, bei durchschnittlich kühler Temperatur, wird durch Lungen und Haut weit weniger Wasser in Dampfform abgeschieden, als in heißen trockenen Gegenden, und nachdem

dies Wasser in Dampfform durch die Perspiration, oder in flüssiger Form durch die wägbaren Ausleerungen davon geht, neigt dieser Ausschlag mehr auf die eine oder die andere Seite.



Fig. 13.

Die Niere nebst dem Harnleiter, senkrecht durchschnitten, um die innere Structur zu zeigen. 1. Die Nebenniere, in Fett und Bauchfell eingehüllt. 2 Rindensubstanz mit geknäuelten Harnkanälchen. 3. Die Pyramiden der Marksubstanz, mit gestreckten Harnkanälchen. 4. Nierenwärzchen, in den Hohlraum der Niere hineinragend. 5. Hohlraum der Niere. 6. Anfang, 7. Fortsetzung des Harnleiters.

Die Nieren, welche den Harn absondern, sind bekanntlich zwei zu beiden Seiten der Lendenwirbelsäule in der Bauchhöhle symmetrisch gelegene, bohnenförmige Drüsen, welche bei dem Menschen etwa die Größe einer kleinen Faust haben. Durchschneidet man eine solche Niere der Länge nach, so sieht man, daß sie aus zwei wesentlich verschiedenen Substanzen zusammengesetzt ist. Nach Außen zeigt sich eine dunklere weichere Lage von Rindensubstanz, von unbestimmt körnigem Ansehen, die nach Innen hin in die blaßröthliche, streifige Marksubstanz übergeht, welche in etwa 12—15 kegelförmige Abtheilungen, die sogenannten Pyramiden, getheilt ist. Die Spitzen der Kegel oder die Nierenwärzchen sind alle nach Innen gegen den Mittelpunkt der Niere gerichtet, und enden frei in einem Hohlraume, dem sogenannten Nierenbecken, welches sich unmittelbar in den röhrenförmigen Harnleiter fortsetzt, der jederseits nach Unten läuft und in die Harnblase sich öffnet. Untersucht man die Struktur der Niere genauer, so sieht man, daß die Rindenmasse aus einer Unzahl vielfach hin und her gewundener Harnkanälchen besteht, welche allseitig von den Blutgefäßen umsponnen werden. Allmählich sammeln sich diese Harnkanälchen nach Innen zu, wobei

sie zugleich einen gestreckteren Verlauf annehmen und so das streifige Ansehen der Pyramiden der Marksubstanz erzeugen. Mehr und mehr zusammenmündend öffnen sich endlich die Harnkanälchen an der Spitze der Nierenwärzchen, und lassen hier den Harn in das Nierenbecken austreten, von welchem er dann durch den Harnleiter in die Blase abfließt. Die Harnleiter haben ringförmige Muskelfasern, durch deren wurmförmig nach unten fortschreitende Bewegung der Harn in die Blase geschafft wird. Es kommt zuweilen vor, daß bei Individuen mit fehlerhafter Ausbildung der Bauchdecken, in Folge ursprünglicher Mißbildung, die Vorderwand der Blase fehlt, so daß man in dieselbe hineinschauen und die Oeffnungen der Harnleiter unmittelbar beobachten kann. Man sieht dann, daß die Flüssigkeit aus diesen Oeffnungen tropfenweise in Absätzen oder zuweilen auch in feinem Strahle bei stärkeren Zusammenziehungen der Harnleiter hervortritt und sich in der Blase ansammelt, aus der sie bei gesundem Zustande nur von Zeit zu Zeit entleert wird. Von besonderer Wichtigkeit erscheint in der Niere die Gefäßvertheilung. Die Nierenarterie, welche jederseits aus der großen Unterleibsschlagader, der Bauchaorta, entspringt, ist verhältnißmäßig sehr weit und theilt sich schnell in zahlreiche feine Netze, an denen besondere Gefäßknäuel hängen. Ein jeder solcher Gefäßknäuel, der mit dem bloßen Auge gerade noch als rothes Pünktchen gesehen werden kann, ist von einem einzigen Gefäße gebildet, welches sich in mehrere Zweige spaltet, die sich knäuelförmig zusammenwinden und endlich wieder in ein einziges Gefäß sammeln. Dieses aus dem Gefäßknäuel hervortretende Arterienstämmchen löst sich erst einige Zeit nach seinem Austritte in das Haargefäßnetz auf, welches die gewundenen Harnkanälchen umspinnt. Man nennt in der anatomischen Kunstsprache die Auflösung größerer Gefäßstämme in feinere Zweige, die sich wieder zu einem Gefäße von derselben Natur sammeln, Wundernetze. Ein solches Gefäßknäuelchen der Niere ist mithin ein Wundernetz eines feinen Arterienzweiges, das sich nur durch seine Zusammenknäuelung vor andern Netzen dieser Art auszeichnet.

Merkwürdig ist aber das Verhalten dieser Gefäßknäuelchen zu der Mechanik der Nierenabsonderung. Jeder Knäuel ist dicht von einer feinen häutigen Kapsel umgeben, welche nichts Anderes ist, als das blasenförmig angeschwollene Ende eines Harnkanälchens. Es beginnt also jedes Harnkanälchen mit einem hohlen Knopfe, in dessen Höhle ein Gefäßknäuelchen steckt, eine Einrichtung, die sich bei keiner anderen Drüse wieder findet.

Die Harnabsonderung ist eine der wichtigsten Funktionen des ganzen Körpers, denn durch sie werden hauptsächlich die Produkte der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen aus dem Körper geschafft; ja wenn man die geringe Quantität von Stickstoff, die sich in den Excrementen und der Hautabsonderung finden, außer Augen läßt, so ist der Harn die einzige Absonderung, durch welche der Stickstoff überflüssig gewordener Substanzen in Form eigenthümlicher Verbindungen aus dem Körper geschafft wird, während Haut- und Lungenausdünstung die Verbrennungsprodukte des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes ausscheiden. Im normalen Zustande schwankt das spezifische Gewicht des Harnes zwischen 1,010 bis 1,030, in krankhaften Zuständen können dagegen beide Gränzen noch bedeutend weiter hinausgeschoben werden. Frischer Harn von gesunden Menschen und fleischfressenden Thieren ist stets sauer, und zwar rührt diese saure Reaktion nicht sowohl von freien Säuren, als von der Gegenwart des phosphorsauren Natrons her. Durch Zersetzung entwickelt sich schnell anfangs freie organische Säure, später aber, bei beginnender Fäulniß, Ammoniak, wodurch dann die saure Reaktion in eine alkalische übergeht. Die Menge des Harnes, welche täglich gelassen wird, ist außerordentlichen Schwankungen ausgesetzt, da sie einestheils mit der Menge des genossenen Getränkes, anderntheils aber mit der durch die Perspiration ausgedünsteten Wassermenge im genauesten Zusammenhange steht. Nach genauen Beobachtungen bei durchaus gleichförmiger Lebensweise betrug das Mittel des während 24 Stunden entleerten Urines im November 56 Loth, im December 57½ L., im Januar 57 L., im Februar 54⅛ L., März 46½ L., April

$40^{2}/_{3}$ L., Mai $40^{1}/_{3}$ L., und es ist zu bedauern, daß diese Messungen nicht während eines ganzen Jahres fortgesetzt wurden, um die regelmäßige Stufenleiter, welche die verhältnißmäßigen Mengen je nach den Jahreszeiten bilden, genau bestimmen zu können.

Als die beiden wesentlichsten Bestandtheile des Urins, welche im normalen Zustande nie fehlen, stellen sich zwei organische, sehr stickstoffreiche Verbindungen dar: der Harnstoff und die Harnsäure. 100 Theile Harnsäure enthalten gerade ein Drittel des Gewichtes Stickstoff, und 100 Theile Harnstoff nahezu die Hälfte, nämlich 46,67 auf 20 Theile Kohlenstoff. Wenn schon es bemerkenswerth ist, daß keine andere Sekretion des Körpers solche stickstoffreiche Materien in bedeutender Menge enthält, so ist noch besonders zu berücksichtigen, daß keine andere organische Substanz den Stickstoff in so bedeutender Menge enthält, als gerade diese beiden charakteristischen Bestandtheile des Harns. Die eiweißartigen Körper, die Alkaloïde, enthalten weit weniger Stickstoff, und man kann deßhalb wenigstens theoretisch behaupten, daß die organischen stickstoffhaltigen Substanzen dadurch in Harnstoff und Harnsäure übergeführt werden können, daß ein Theil ihres Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrennt, während der zurückbleibende Stickstoff mit dem übrig bleibenden Kohlenstoff und Wasserstoff eine Verbindung eingeht. Offenbar wird auch durch den Lebensprozeß definitiv in dem Körper diese Zersetzung hergestellt, indem einerseits der Harn die zurückbleibende Stickstoffverbindung, anderseits die Athmung die Kohlensäure und das Wasser aus dem Körper entführt. Außer dem Stickstoff und der Harnsäure enthält der Harn auch noch bei den Continentalvölkern Europa's (nicht aber bei den fleischfressenden Engländern) stets eine kleine Menge Hippursäure, die sich bei Pflanzennahrung mehrt und auch namentlich bei den Pflanzenfressern die Harnsäure ersetzt, etwas Weniges Kreatin und Kreatinin, Stoffe, deren wir oben bei dem Fleische als Zersetzungsprodukte der Muskelsubstanz erwähnten, und eine eigenthümliche thierische Materie, welche überall die Gestalt eines

räunlichen, harzartigen Körpers den chemischen Operationen hinderlich in den Weg tritt, und, wie es scheint, mehrere Farbstoffe, sowie einen besonderen Riechstoff enthält. Die Salze, welche in der Harnflüssigkeit aufgelöst sind, bestehen hauptsächlich aus phosphorsaurem Natron, Kalk und Talk, aus Kochsalz und Glaubersalz, und wechseln außerordentlich, je nach der Beschaffenheit der Nahrung, da alle löslichen Salze mit großer Schnelligkeit in den Harn übergehen.

Die wichtigste Rolle im Harne spielt ohne Zweifel der Harnstoff, dessen verhältnißmäßige Menge im Harne man schon aus dem spezifischen Gewichte erschließen kann. In gesundem Zustande schwankt der Gehalt des Harnstoffes in ziemlich bedeutenden Gränzen zwischen 15 und 37,5 Theilen in 1000 Theilen Harn; das Mittel mag etwa 25 bis 30 Theile betragen. Nach früheren Angaben sollte die Harnstoffmenge, welche ein erwachsener Mann in 24 Stunden ausleert, zwischen 20 bis 36 Gramm betragen. Neuere Untersuchungen, mit einer verbesserten Methode angestellt, ergaben Schwankungen zwischen 27,60 und 53,73, so daß das Mittel hiernach 37,70 Gramm in 24 Stunden betragen würde. Wenn auch ein Theil dieser größeren Harnstoffmenge auf die verbesserte Methode der Bestimmung zu schreiben ist, welche weniger Verlust ergab, so darf man doch auch andrerseits nicht vergessen, daß die neuesten Versuche an einem Manne von 215 Pfund Gewicht angestellt wurden, also an einem wahren Fleischkolosse, der nothwendiger Weise mehr Harnstoff entleeren mußte, als die leichten Franzosen und die kaum 120 Pfund schweren Gelehrten, an welchen die früheren Bestimmungen angestellt worden waren. Die erwähnten neueren Bestimmungen ergaben bei einer Frau von 180 Pfund 25,32 Harnstoff, bei einem 132 Pfund schweren Mädchen von 18 Jahren 20,19 Harnstoff, bei einem Knaben von 16 Jahren, der 97 Pfund wog, 19,86 Gramm durchschnittlich in 24 Stunden. Man sieht, daß dem Körpergewichte nach die Familie, welche diese Bestimmungen lieferte, große Verhältnisse zeigt, und demnach die Uebertragung dieser Zahlen auf Menschen von mittlerem Körperge-

wichte erst nach vorgängiger Reduktion anwendbar wäre. Sucht man die Zahlen aber so zu vergleichen, daß man die Menge des Harnstoffes, die in 24 Stunden auf je ein Pfund Körpergewicht ausgeleert wird, berechnet, so findet man, daß der Knabe verhältnißmäßig am Meisten Harnstoff produzirte, nach ihm der Mann, daß dann die Frau und zuletzt das Mädchen folgte, welches die geringste Menge ergab. Wie man sieht, ist dieses Verhältniß ein ähnliches, wie bei der Athmung, und wenn es richtig ist, daß Athmung wie Harn die endlichen Produkte der Zersetzung und des Stoffwechsels aus dem Körper schaffen, so geht schon daraus hervor, daß die Harnstoffmenge, die täglich entleert wird, in gewissen Gränzen als Maß dieses Stoffwechsels angesehen werden kann. Es zeigen also diese Bestimmungen, daß der Stoffwechsel im männlichen Geschlechte überhaupt bedeutender sei, als beim Weibe, im Jünglingsalter größer, als bei Erwachsenen. Wenn das Mädchen einen geringeren Ausschlag zeigte, als die schon an der Gränze reiferer Jugend angelangte Frau (43 Jahr), so mag dies auf besonderen individuellen Verhältnissen beruhen, die wir bei dem einzelnen Falle nicht zu ergründen vermögen.

Schon die einfachste Erfahrung mußte nachweisen, daß die Harnsekretion durch die leisesten Veränderungen in Speise und Trank, sowie im Verhalten des Körpers in Ruhe oder Bewegung mitbetroffen wurde; daß der größere oder geringere Sättigungsgrad sowohl von der Aufnahme von Flüssigkeiten, als von dem gleichzeitigen Spiel der Lungen und der Haut abhänge; daß die Zusammensetzung selbst eine andere werden müsse, je nach den Bestandtheilen der Nahrung und den Zuständen des Körpers. Der Harn, seine Zusammensetzung und sein Concentrationsgrad bietet gewissermaßen das empfindlichste Barometer für alle wechselnden Zustände des Organismus dar, und so viele Versuche man auch bis jetzt über sein Verhalten im gesunden und kranken Zustande gemacht hat, so sind doch bei Weitem noch nicht alle Fragen erschöpft, welche an diese Untersuchungen geknüpft werden können.

Der erste wesentlichste Einfluß ist derjenige der eingeführten Stoffe und namentlich der Nahrungsmittel. Reichliches Wassertrinken macht den Harn zwar dünner, so daß er verhältnißmäßig weniger Harnstoff enthält, bedingt aber doch eine bedeutendere Absonderung hinsichtlich der absoluten Menge des Harnstoffes in 24 Stunden. Es liegt demnach auf der Hand, daß reichliches Wassertrinken überhaupt den Stoffwechsel vermehrt, und darin möchte wohl der wesentlichste Nutzen der jetzt oft zum Exzeß getriebenen Wasserkuren liegen. Das im Blute enthaltene Wasser wird durch die Nieren nicht für sich allein, sondern in Begleitung von einer gewissen Menge anderer Harnbestandtheile abgeschieden, und je mehr Wasser durch den Körper gejagt wird, desto mehr wird der Stoffwechsel angetrieben, desto mehr Harnstoff abgeschieden. Aehnlich wirkt auch Bewegung; — strenge Arbeit, körperliche Anstrengung vermindern zwar die absolute Menge des Urins, indem ein großer Theil des Wassers durch vermehrte Athmung und Hautausdünstung abgeschieden wird; allein der Urin ist auch weit gesättigter und im Ganzen die Ausscheidung von Harnstoff namentlich bedeutender.

Die Nahrungsmittel im engeren Sinne üben einen ganz besonderen Einfluß aus: der Harn der pflanzenfressenden Thiere ist nicht sauer, sondern alkalisch; er enthält weniger Harnstoff, als derjenige der fleischfressenden, und statt der stickstoffreichen Harnsäure die kohlenstoffreiche aber stickstoffarme Hippursäure. Statt der phosphorsauren Salze enthält der Harn der Pflanzenfresser kohlensaure Salze, statt des Kali hauptsächlich Natron. Es läßt sich erwarten, daß durch Veränderung der Nahrung nach dieser Richtung hin auch der Harn geändert werden kann. Einige Forscher haben Versuche dieser Art an sich selbst angestellt, andere haben Hunde abwechselnd mit verschiedenen Stoffen gefüttert und die Resultate hieraus gezogen. Hier fand man denn, daß bei dem Hungern der Harn dieselbe Zusammensetzung hat, wie bei Fleischnahrung, ein Resultat, welches mit dem bei dem Athmen erhaltenen übereinstimmt, daß aber bei reichlich stickstoffhaltiger Nahrung, wie z. B. bei reiner Fleischnahrung,

der Harnstoffgehalt des Urines außerordentlich anwuchs. Wurde die Fleischnahrung übermäßig, so konnte endlich der Harn der Stickstoffausscheidung nicht mehr genügen; — die Hunde verbreiteten einen pestilenzialischen Gestank, und dünsteten offenbar stickstoffhaltige Substanzen durch Haut und Lungen aus. Fettnahrung beschränkt den Umsatz der stickstoffhaltigen Körpertheile; füttert man nur Fett, so wird absolut weniger Harnstoff abgeschieden; füttert man Fett mit Fleisch, so nimmt die Harnstoffmenge zu, während die Umbildung in anderweitige stickstoffhaltige Substanzen vermindert wird. Denn man muß wohl ins Auge fassen, daß die Menge des in dem Harnstoffe ausgeschiedenen Stickstoffes fast niemals die Menge des mit der Nahrung eingenommenen Stickstoffes erreicht, und daß bei reiner Fleischkost, welche gerade hinreicht, um das Körpergewicht in vollkommener Schwebe zu erhalten, nur $^2/_3$ des mit dem Fleische eingenommenen Stickstoffes wieder in Form von Harnstoff ausgeschieden werden, $^1/_3$ aber auf anderen Wegen entfernt wird. Reine Pflanzenkost hat bei dem Menschen die Folge, daß die Menge der Hippursäure stärker wird, diejenige des Harnstoffes vermindert, und die Reaktion des Harnes durch Anhäufung kohlensaurer Salze alkalisch wirkt.

Ueber den Uebergang fremder, von Außen eingeführter Stoffe in den Harn hat man vielfache Versuche angestellt. Metalle, welche mit thierischen Stoffen unlösliche Verbindungen eingehen, wie Quecksilber, Blei, Eisen; flüchtige, leicht verdampfende Stoffe, wie ätherische Oele, Weingeist u. s. w., finden sich niemals im Urine wieder; letztere Stoffe werden durch die für gasförmige Abscheidungen bestimmten Organe, die Lungen und die Haut, entfernt. Salze mit unorganischen Säuren und Basen, lösliche Farbstoffe, viele feste Riechstoffe, die nur durch ihre eigene langsame Zersetzung riechen, wie Moschus, Bibergeil ꝛc., endlich die organischen Basen Chinin, Cinchonin ꝛc. werden unzersetzt durch den Harn ausgeschieden. Andere Stoffe hingegen kommen nur in wesentlich verändertem Zustande wieder zum Vorschein. So wird der in den Nahrungsmitteln enthaltene

freie Schwefel und Phosphor in oxydirtem Zustande als schwefelsaures und phosphorsaures Salz abgeschieden; so treten die meisten Salze, welche von einer organischen Säure gebildet werden, die essigsauren, apfelsauren Salze ꝛc., in dem Urine als kohlensaure Salze auf. In vieler Beziehung sind diese Veränderungen äußerst merkwürdig, indem sie nachweisen, daß auch innerhalb der Blutbahn nothwendig chemische Umsetzungen vorgehen müssen, und es somit wahrscheinlich machen, daß viele chemische Prozesse, welche wir in dem Körper beobachten, nicht allein in dem Parenchyme der Organe, während der Ernährung der Gebilde, sondern auch in dem kreisenden Blute selbst vor sich gehen. Man hat in der That nachgewiesen, daß milchsaure Alkalien, in die Venen eines Hundes eingespritzt, den Urin in kurzer Zeit alkalisch machen und darin als kohlensaures Salz nachweisbar sind. Ebenso beobachtet man, daß nach Einspritzung von Traubenzucker oder Kleister in die Venen der Urin nach kurzer Zeit alkalisch wird. Betrachtet man alle diese Veränderungen genauer, so zeigt sich, daß viele Stoffe zwar unverändert in dem Harne wieder auftreten, wenn sie gleich zuweilen bedeutende Veränderungen im Organismus bewirken; daß diejenigen Substanzen aber, welche in verändertem Zustande auftreten, fast alle höher oxydirt, mehr oder minder verbrannt sind, und dennoch wahrscheinlich in der Blutbahn selbst durch den Sauerstoff des arteriellen Blutes verändert wurden.

So viel ist ein für allemal nachgewiesen, daß den geträumten heimlichen Harnwegen, welche die alten Physiologen zum Uebergange der Flüssigkeiten aus dem Magen in die Nieren annahmen, keine Thatsache zum Grunde liegt. Man hatte den schnellen Uebergang verschiedener Stoffe in den Harn beobachtet, und da in der damaligen Zeit noch keine so deutlichen Begriffe über den Mechanismus des Blutlaufes und der Absonderung vorlagen, so hielt man es für unmöglich, daß in so kurzer Zeit die Stoffe im Magen und Darmkanal aufgesaugt, durch die Blutbahn hindurch getrieben und in den Nieren abgesondert werden könnten. Man hielt deßhalb dafür, daß geheime Wege, Röhren

und Gefäße direkt aus dem Magen in die Nieren führten, welche besonders Getränke aufnähmen und sie dort unmittelbar absetzten. Eine genauere Kenntniß des Blutlaufes, der Aufsaugung und Absonderung aber, so wie die anatomische Untersuchung haben gelehrt, daß dergleichen Wege nicht vorhanden seien und daß alle Stoffe, welche vom Magen oder Darmkanal aufgesaugt werden, die Pfortaderzweige und die Lebercapillaren, das rechte Herz, die Lungen, das linke Herz und die Arterien bis zu den Nieren mit dem Blutstrome durchlaufen müssen, ehe sie in dem abgesonderten Harne erscheinen können.

So lang auch dieser Weg scheinen mag, so wissen wir doch aus der Darstellung des Blutkreislaufes, daß die Vollendung eines Umschwunges der Blutmasse in dem Körper nur einer sehr geringen Zeitfrist bedarf. Es darf deßhalb nicht verwundern, wenn man bei Menschen, deren Harnblase durch die oben erwähnte ursprüngliche Mißbildung so geöffnet war, daß die Oeffnungen der Harnleiter dem Blick zugänglich waren, schon wenige Minuten nach der Aufnahme durch den Mund solche leicht lösliche Stoffe in dem abtröpfelnden Harne nachweisen konnte, welche, wie z. B. Blutlaugensalz, eine ausgezeichnete Reaktion besitzen; — andere stark färbende Substanzen z. B. erscheinen meistens erst nach 10—20 Minuten; da aber während dieser Zeit das Blut wenigstens fünfmal im ganzen Körper kreist, so ist diese Schnelligkeit der Absonderung wohl begreiflich.

Die Mechanik der Absonderungen überhaupt ist indeß bei Weitem noch nicht so weit aufgeklärt, als es wünschbar wäre. Es erscheint zwar auf den ersten Blick sehr einfach, anzunehmen, daß die in den Drüsengängen enthaltenen Flüssigkeiten einfach aus den umspinnenden Capillargefäßen ausgeschwitzt sind, allein mit dieser Annahme sind noch nicht alle Erscheinungen hinreichend erklärt. Schon die Fortschaffung des Sekrets an sich erscheint aus den bis jetzt bekannten Thatsachen nicht ohne alles Räthselhafte. Erst in den Ausführungsgängen der größeren Drüsen, den Harnleitern, dem Gallengange ꝛc. können wir im Ring gelagerte unwillkürliche Muskelfasern nachweisen, und

angestellte Versuche ergaben, daß dieselben wurmförmige Zusammenziehungen ausüben, wodurch das Sekret nach Außen fortgeschafft wird. In den Drüsengängen selbst aber, und namentlich in den für die Sekretion bei weitem wichtigeren blinden Enden der Drüsengänge, können keine solche Zusammenziehungen und keine die Bewegung vermittelnde Kraft der Wände nachgewiesen werden. Man hat angenommen, daß die Fortschaffung des Sekretes dadurch geschehe, daß stets neue Flüssigkeit in den gefüllten Drüsengang abgesondert und so die vorhandene nach vorn gegen die Oeffnung desselben hingeschoben und in dem Maße, als noch ferner die Abscheidung fortdauere, auch entleert werde. Es ist möglich, daß diese Fortschiebung durch stete Fortdauer des Absonderungsprozesses existire; allein es scheint mir, als habe man zu viel Gewicht darauf gelegt, und ein anderes, meines Erachtens wichtigeres Moment aus den Augen gelassen, nämlich die Capillarität der absondernden Drüsengänge. Alle absondernden Drüsengänge sind in der That so enge, daß sie wirkliche Haarröhrchen darstellen. Man weiß, wie bedeutend die Anziehungskraft zu Flüssigkeiten in diesen Capillarröhrchen ist, und daß dieselbe genügt, um eine Flüssigkeit durch einen Capillarheber selbst über ihr Niveau herauszupumpen und auszuleeren. Meines Erachtens sind die Drüsengänge gleichsam als solche Capillarheber zu betrachten, deren eines Ende in die Blutflüssigkeit taucht, während das andere sich frei nach außen öffnet, und die Bewegung der Flüssigkeiten darin muß somit nach den für alle Capillarröhren geltenden Gesetzen vor sich gehen.

Es fragt sich nun noch, welcher Natur eigentlich der chemische Prozeß sei, der das Produkt der Absonderung liefert. Es stehen hier zwei Meinungen gegenüber, welche beide gewichtige Gründe für sich aufzuweisen haben. Nach Einigen sind die Drüsen einfache Filtrirmaschinen, bestimmt, die Absonderungsprodukte, welche schon im Blute vorgebildet sind, an sich zu ziehen und nach außen fortzuschaffen; — nach Andern sind sie wirklich selbstthätig in Bereitung des Produktes, sie erhalten die

Stoffe, deren sie benöthigt sind, vom Blute, und durch eine zersetzende oder bildende Kraft bereiten sie daraus die chemischen Verbindungen, welche wir in den Sekretionen finden. Betrachtet man die Frage als nur für die Funktion der Drüse selbst gestellt, so käme es dabei nur auf das Mehr oder Minder an. Denn auch die Anhänger der Filtrirtheorie müssen eine spezifische Anziehungskraft der Drüse annehmen, wodurch in der einen Harnstoff, in einer zweiten Speichelstoff, in einer dritten Gallenstoff aus dem Blute angezogen werden, während gewisse Stoffe, wie z. B. Eiweiß in den Nieren, von denselben Drüsengängen zurückgewiesen werden, die andere Stoffe durchlassen. Eine solche spezifische Anziehungskraft für bestimmte Stoffe braucht nur einigermaßen stärker zu werden, um wirklich chemisch zersetzend und umbildend aufzutreten. Wir kennen in der unorganischen Chemie schon eine große Menge von Beispielen solcher Verwandtschaften zu Verbindungen, deren Elemente zwar vorhanden, welche aber erst durch eine gewisse Umbildung erzeugt werden sollen, und in der organischen Chemie treten diese Verwandtschaften eben so häufig auf. Holz z. B. besteht aus Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar diese letzteren in dem Verhältnisse, daß sie mit einander Wasser bilden. Die concentrirte Schwefelsäure hat eine ungemeine Verwandtschaft zum Wasser. Sobald Holz und Schwefelsäure zusammenkommen, so wird ersteres zersetzt, sein Wasserstoff und Sauerstoff treten zusammen um Wasser zu bilden und die Kohle bleibt zurück; das Holz verkohlt sich. Chlorcalcium verbindet sich ebenfalls sehr begierig mit Wasser; allein mit Holz zusammengebracht, übt es keine zersetzende Wirkung auf das letztere aus; seine Verwandtschaft zum Wasser ist nicht so stark, um eine Bildung dieses Stoffes auf Kosten des Holzes zu veranlassen, während es das schon gebildete Wasser begierig anziehen würde. Man sieht, es ist nur die Quantität, das Maß der anziehenden Kräfte, welches hier den Ausschlag giebt, und ganz so verhalten sich auch die verschiedenen Eigenschaften, welche nach den oben angeführten Ansichten den Drüsen zugeschrieben werden. Eine spezifische

Anziehungskraft für gewisse Stoffe muß den Drüsengeweben zugeschrieben werden; in höherem Maße gedacht, wirkt sie selbstthätig bildend, in niederem Grade wirkt sie nur filtrirend und abscheidend. Existirte diese spezifische Anziehung nicht, so müßten die Sekrete aller Drüsen gleiche Zusammensetzung haben, sie müßten einfach aus durchgeschwitztem Blutwasser bestehen. Die eigenthümliche Natur einer jeden Absonderung kann nur von verschiedenen, den einzelnen Drüsengeweben angehörenden, anziehenden Kräften bedingt werden, und es steht wahrscheinlich der Umstand damit in Verbindung, daß auch eine jede Drüse einen ihr eigenthümlich zukommenden Bau hat. Man hat freilich oft gesagt, die anatomische Conformation der Drüse habe keinen Einfluß auf die Natur des Absonderungsproduktes; man hat sich hier namentlich auf die so mannichfaltig wechselnden Formen der Drüsen und ihrer absondernden Kanäle in der Thierreihe berufen. Allein wenn es auch wahr ist, daß die Leber eines Krebses mit ihren feinen unabhängigen Röhren der körnigen, compakten Leber eines Säugethieres nicht ähnlich ist; so muß auch anderseits bedacht werden, daß eben Krebsgalle und Ochsengalle auch nicht einander allzu ähnlich sehen, und daß sicher die Zusammensetzung dieser beiden Flüssigkeiten eben so verschieden ist, als ihre Farbe. Wir finden als durchgreifendes Gesetz in der Physiologie, daß Form und Funktion einander wechselseitig bedingen, daß identisch gebaute Organe gleiche Funktionen, verschieden wirkende auch unähnlichen Bau haben; dies Gesetz gilt auch für die Drüsen. Daß diese Unterschiede des Baues oft in den kleinsten Einzelheiten gesucht werden müssen, geht aus der Natur der Sache hervor.

Für die Meinung, welche man von dem Absonderungsprozesse in den Drüsen an sich hegt, könnte es demnach ziemlich gleichgültig sein, ob wir die der Drüse einwohnende Kraft in größerer oder geringerer Potenz wirkend annehmen. Für den Ernährungsprozeß im Allgemeinen aber muß die scharfe Entscheidung dieser Frage von der höchsten Wichtigkeit sein; denn wenn es wahr ist, daß die Absonderungsprodukte schon im Blute

vorgebildet enthalten sind, so können sie auch nur durch den Umsatz der Organe erzeugt worden sein und müssen demnach eine nothwendige Folge des Stoffwechsels der Gebilde sein. Dafür sprechen denn auch viele durch die analytische Chemie gelieferten Thatsachen. Man weiß, daß die Blutmasse normal eine gewisse Quantität der eigenthümlichen, in den Absonderungsprodukten vorkommenden Stoffe mit sich führt; — wir finden den Harnstoff, den Gallenfarbstoff normal in der Blutflüssigkeit, und von ersterem weiß man mit Sicherheit, daß seine Menge darin zunimmt, sobald man die Nieren ausschneidet. Man weiß, daß Galle und Harnstoff an anderen Orten des Körpers abgelagert werden, sobald ihre betreffenden Drüsen durch krankhafte Verhältnisse ganz oder theilweise unbrauchbar werden; es kann demnach nicht geläugnet werden, daß die genannten spezifischen Absonderungsprodukte nicht durchaus in ihren betreffenden Drüsen bereitet, sondern ihnen wenigstens theilweise schon fertig gebildet vom Blute geboten werden. Auf den ersten Anblick scheint dieser Schluß freilich unumstößlich; allein es fragt sich, ob er auch allgemein gültig sei, und die Meinung der Physiologen scheint so ziemlich sich dahin fixirt zu haben, daß er dies nicht sei, und daß das Absonderungsprodukt theilweise schon im Blute fertig gebildet sei, theilweise erst in der Drüse bereitet werde. Man stützt sich bei Verfechtung dieser Ansicht namentlich auf den Umstand, daß nach Entfernung der Nieren z. B. die Menge des Harnstoffes im Blute bei weitem geringer sei, als sie sein müßte, wenn aller Harnstoff im Blute angehäuft sich fände, welcher in derselben Zeit im normalen Zustande wäre ausgeleert worden. Man fand 10 Tage nach der Exstirpation der Nieren bei einem Hunde in 3 Pfund Blut nur 4,88 Gran Harnstoff. Gesetzt, der Hund habe 12 Pfund Blut gehabt, was gewiß ein viel zu hoher Anschlag ist, so würden immerhin in der ganzen Blutmasse nur 19,52 Gran Harnstoff enthalten gewesen sein. Daß dies offenbar für eine zehntägige Harnsekretion viel zu wenig ist, daß der Hund in gesundem Zustande wenigstens die sechsfache Menge Harnstoff in derselben

Zeit ausgeschieden haben würde, ist leicht einzusehen. Allein aus dieser Thatsache den Schluß ziehen zu wollen, daß die Nieren die fehlende Menge Harnstoff während des normalen Zustandes würden gebildet haben, dies halte ich für fehlerhaft. Denn die Exstirpation der Nieren ist ein unfehlbar tödtlicher Eingriff und die Operation an sich schon eine gefährliche Verwundung. Das so behandelte Thier kommt entsetzlich herunter, und wenn man es gar noch nach der Operation der Nahrung beraubt, so ist die ganze Lebensthätigkeit auf ein Minimum beschränkt. Daß die Ernährung und Metamorphose der Gebilde nicht wie im normalen Zustande fortgehen, beweist auch schon der unausbleiblich erfolgende Tod. Die Ursache der geringeren Bildung von Harnstoff braucht demnach nicht in den fehlenden Nieren gesucht zu werden, sie kann eben so gut in dem fehlerhaft stattfindenden Stoffwechsel liegen. Ich weiß wohl, man hat mit solchen Erklärungen der mangelnden Metamorphose und des fehlerhaften Stoffwechsels viel Unfug getrieben und man war damit gar manchmal schnell bei der Hand, um sich einer unbequemen Thatsache zu entledigen. Allein daß der Tod nach Exstirpation der Nieren eine Folge der krankhaften Ernährungserscheinungen ist, dies gerade ist eine Thatsache, und daß die Harnstoffbildung mangelhaft werden muß, wenn ihre Ursache, die Ernährung und der dadurch bedingte Umsatz der Gebilde, mangelhaft ist, dies kann nicht in Zweifel gezogen werden.

Es scheint mir, es dürften hier noch andere analoge Verhältnisse mit zu Rathe gezogen werden. Die Lungen sind offenbar ebenfalls Drüsen, deren Sekret sich nur dadurch von denen der übrigen Absonderungsorgane unterscheidet, daß es gasförmig ist. Wir haben oben gesehen, daß dieses gasförmige Produkt, die Kohlensäure, schon in dem Blute vorgebildet enthalten ist, daß sie nicht, wie man früher glaubte, in den Lungen entsteht, sondern einfach darin abfiltrirt wird. Die Kohlensäure findet sich in dem venösen Blute; sie ist darin als Zersetzungsprodukt der thierischen Gebilde; sie stammt von der Metamorphose des Muskelfleisches, des Fettes, der übrigen Substanzen des thieri-

schen Körpers. Wenn man ein Thier in reinem Stickgase athmen und darin zu Grunde gehen läßt, so haucht es gegen das Ende seines Lebens weniger Kohlensäure aus, als im Anfange, und das Maß der im Stickgas ausgehauchten Kohlensäure ist gewiß weit geringer, als das während eines gleichen Zeitraumes in atmosphärischer Luft ausgehauchte. Es wird wohl Niemanden einfallen wollen zu sagen, die fehlende Menge Kohlensäure werde in normalen Verhältnissen durch die Lungen gebildet; Jedermann wird den Grund dieses Mangels in dem fehlerhaften Umsatze der Theile finden. Sollen für die Nieren, wo dieselben faktischen Anhaltspunkte gegeben sind, andere Schlußfolgen bedingt sein?

Fassen wir indeß die als Thatsache feststehende Entstehung der Kohlensäure aus dem Umsatze der Gebilde näher ins Auge, so kommen wir sogar zu dem Schlusse, daß durch ihre Bildung nothwendig auch die des Harnstoffes oder eines ähnlichen, sehr stickstoffreichen Körpers gegeben sein müsse. Die meisten Bestandtheile unseres Körpers, wie Muskelfleisch, Sehnensubstanz u. s. w., enthalten alle eine ziemlich bedeutende Menge Stickstoff, und nur die Fettarten, die aber auch zu den in wandelbarer Menge angehäuften Substanzen des Körpers gehören, entbehren des Stickstoffes. Wird nun durch die Zersetzung dieser stickstoffhaltigen Substanzen ein Theil ihres Kohlenstoffes in Kohlensäure verwandelt, so muß nothwendig ein Körper überbleiben, der an Stickstoff weit reicher ist, als das zersetzte Muskelfleisch, und ein solcher Körper ist uns in dem Harnstoffe gegeben. Hundert Gewichttheile Muskelfleisch enthalten nur 15,72 Theile Stickstoff, während in 100 Theilen Harnstoff 46,48 Gewichttheile Stickstoff enthalten sind. Wenn aber durch die Bildung der Kohlensäure aus Muskelfleisch somit die Entstehung eines stickstoffreichen Körpers nothwendig bedingt ist, wenn die Gegenwart eines solchen, des Harnstoffes, im Blute und im Sekrete der Nieren erwiesen ist, so scheint mir, als könne man über seinen Ursprung nicht länger zweifelhaft sein. Daß die im Blute enthaltene Menge so äußerst gering ist, daß sie bei den gewöhnlichen

Analysen ganz der Beobachtung sich entzieht, dies darf nicht befremden, denn es läßt sich durch eine leichte Rechnung nachweisen, daß das Blut nur 0,2 Prozent seines Gewichtes Harnstoff zu enthalten braucht, um allen Harnstoff bei sich aufgelöst zu haben, der in 24 Stunden abgesondert wird. Da aber der Umsatz der Gebilde stetig fortgeht und das Blut in beständigem Kreislaufe begriffen ist, mithin sich stets seines Harnstoffes in den Nieren entladen und neuen aus den Gebilden aufnehmen kann; da das Blut ferner in 24 Stunden wenigstens 720mal im Körper umläuft, so ist leicht zu berechnen, daß es bei jedem Umlaufe nur 0,00025 Prozente Harnstoff aufzunehmen, und eben so viel in den Nieren abzusetzen braucht, um die täglich secernirte Harnstoffmenge zu liefern. Ein sich stets erneuernder Gehalt von 0,00025 Prozent Harnstoff im Blute würde demnach zum normalen Harnstoffverbrauch hinreichen. Solche kleine Mengen aber verschwinden nothwendig bei der Analyse, und höchstens Stoffe mit so ausgezeichneten Reaktionen, wie der Harnstoff, lassen sich noch in so geringen Quantitäten erkennen.

Es fehlt indeß nicht ganz an direkten Versuchen, welche für die Thätigkeit der Drüsen als Filtrirmaschinen zu sprechen scheinen. Der Magen hat bekanntlich ein ganz eigenthümliches Sekret, den Magensaft, der von den unendlich vielen Labdrüschen geliefert wird, die in der Dicke seiner Schleimhaut eingebettet liegen. Sobald Nahrungsmittel in den Magen kommen, so röthet sich die Schleimhaut vom größeren Blutandrange; während sie vorher bleich und schlaff war, turgeszirt sie jetzt und überall bricht aus den Drüsenöffnungen der sauere Magensaft in Tröpfchen hervor und lagert sich wie ein Thau auf der inneren Fläche ab. Dieselben Erscheinungen lassen sich beobachten, wenn man unmittelbar nach dem Tode des Thieres, welches zu dem Versuche dient, warmes Blut in die Magengefäße spritzt. Die Sekretion hat dabei ihren Fortgang, wie wenn das Thier noch lebte, und es ist leicht, nachzuweisen, daß der sich bildende Magensaft nicht in den Drüsen vorhanden war, sondern erst aus dem eingespritzten Blute abgeschieden wird.

Wenn man nämlich ein leicht zu erkennendes Salz dem Blute, welches man injicirt, beimischt, so findet sich dieses sogleich in dem abgeschiedenen Magensafte wieder. Ich weiß wohl, daß man diesen Versuchen den Vorwurf machen könnte, sie wären nicht entscheidend, indem das eingespritzte Blut eben so gut nur als Reiz dienen könne, welcher die bildende Thätigkeit der Magendrüsen noch nach dem Tode ansporne; allein wie man auch die Sache ansehen möge, so helfen doch die zuletzt angeführten Thatsachen mit zur Construirung eines Beweises, den sie allein nicht liefern können.

Die meisten Sekrete der Drüsen sind demnach im Blute vorgebildet und die Drüsen selbst nur Filtrirapparate, mit eigenthümlicher Anziehungskraft für ihre spezifischen Absonderungsstoffe begabt, und andererseits dem Durchgange mancher in dem Blut aufgelöster Stoffe verschlossen. Die meisten Drüsensäfte sind eiweißhaltig und offenbar stammt dieses Eiweiß aus dem Blute. Warum enthält nun der Harn, der doch unmittelbar aus dem Blute so vieles Wasser filtrirt, in normalem Zustande kein Eiweiß? Offenbar doch deßhalb, weil das eigenthümliche Gewebe der Harnkanälchen sich dem Durchtritte des Eiweißes widersetzt. Sobald sich aber die Verhältnisse auf der einen oder anderen Seite ändern, sobald das Nierengewebe krank wird oder das Blut eine andere Mischung erhält, wie z. B. nach Einspritzung bedeutender Wassermengen in eine Ader, und in vielen Krankheiten, so tritt der Eiweißgehalt in dem Harne auf und erhält sich so lange, als die abnormen Verhältnisse überhaupt bestehen. Es sichern diese Anschauungen durchaus nicht die Annahme der Folgerungen, welche man aus den schon oben erwähnten Beobachtungen über die Struktur der Drüsen ziehen kann. Es ist sehr leicht möglich, daß in einer und derselben Drüse zwei verschiedene Vorgänge Statt finden können, daß gewisse Bestandtheile, wie z. B. Wasser, die darin aufgelösten Salze, das Eiweiß, unmittelbar aus dem strömenden Blute in die Drüsenkanälchen übergehen, daß dagegen die spezifischen Absonderungsstoffe nur durch die Drüsenzellen angezogen und

nur mittelst dieser aus dem Blute filtrirt werden können. Bei den Nieren deutet, wie schon bemerkt, sogar die Anordnung der Blutgefäße im Verhältniß zu den Harnkanälchen auf eine solche Theilung der Filtrirarbeit hin.

Eine einzige Ausnahme von dem erwähnten Satze dürfen wir hier nicht unberücksichtigt lassen. Unsere Ansicht steht für diejenigen Drüsen fest, welche aus dem arteriellen Blute gespeist werden, d. h. aus Blut, welches, aus den Körperorganen kommend, sich seiner Kohlensäure schon in den Lungen entladen hat. Denn all dies aus dem Körper zurückströmende, mit den Zersetzungsprodukten geschwängerte Blut hat auf seiner Bahn durch die Venen, das rechte Herz, die Lungen und das Arterienherz nirgends Organe angetroffen, in welche es andere feste oder flüssige Stoffe hätte aufnehmen können, als die durch Zersetzung der Körpersubstanz selbst dargebotenen. Anders verhält es sich wahrscheinlich mit einer, auch, wie schon erwähnt, in anatomischer Hinsicht exceptionellen Drüse, der Leber. Sicherlich beruht die bekannte Anordnung, daß alles vom Darmkanale zurückkehrende Blut sich in der Pfortader sammelt und ehe es in das venöse Herz eintritt erst in den Capillargefäßen der Leber kreist, auf einem tiefen Grunde. Die Venen des Darmes nehmen eine große Menge von Stoffen aus den verdauten Nahrungsmitteln auf und bringen diese in den Blutkreislauf. Daß diese Stoffe erst durch die Leber passiren müssen, zeigt darauf hin, daß sie ebenfalls in Beziehung zu der Gallensekretion stehen, daß sie zu der Gallenbereitung mit thätig sind. Hinsichtlich der Gallensäuren, die, wie wir sahen, einige der wesentlichsten Bestandtheile der Galle ausmachen, scheint es nachgewiesen, daß sie im Blute selbst gebildet werden. Die Cholsäure wurde, wenn auch in sehr geringer Quantität, in dem Blute eines gesunden Ochsen aufgefunden. Dagegen wissen wir mit Sicherheit, daß der Zucker, den die Lebervenen in reichlicher Menge führen, in dem Pfortaderblute nicht enthalten ist, daß er auch bei Fröschen, denen man die Leber weggenommen hat, nicht in dem Blute vorkommt, und daß er sonach in der Leber selbst gebildet wird.

Nicht minder geht aus der vergleichenden Untersuchung des Pfortader- und Lebervenenblutes hervor, daß ein Theil des Eiweißes, beinahe der ganze Faserstoffgehalt und fast alle Oelsäure, die in dem Pfortaderblute enthalten waren, in der Leber verschwinden und offenbar zu der Gallebereitung benutzt werden. So möchte man denn wieder auf die Leber als alleinige Bildungsstätte der Galle schließen. Wenn man aber dann berücksichtigt, daß bei entleberten Fröschen keine Gallenbestandtheile im Körper gefunden wurden, so dürfte man hierin wieder eine Rechtfertigung der Ansicht erblicken, daß die Galle auf Kosten des Pfortaderblutes und der in dasselbe übergegangenen Stoffe gebildet wird. Dem steht aber dann wieder entgegen, daß das Kind im Mutterleibe, das doch gewiß keine Stoffe von außen erhält, dennoch Galle absondert, die in den ersten Tagen nach der Geburt als Kindspech (Meconium) ausgeleert wird, und so würden wir uns am Ende zu der Ansicht bekennen, daß hier ein verwickelter Prozeß Statt findet, und gewisse Theile der Galle im Blute vorgebildet, andere in der Leber neu erzeugt sind.

Siebenter Brief.

Die Auffaugung.

Alle Gewebe unseres Körpers, so fest oder trocken sie auch erscheinen mögen, sind dennoch beständig von Flüssigkeit durchtränkt. Die Wandungen der Gefäße, innerhalb welcher das Blut und die Lymphe unseres Körpers sich bewegen, sind durchdringlich für wässerige Stoffe, und daß diese Durchdringung beständig Statt finde, dies lehrt die tägliche Erfahrung. In diesem so äußerst einfachen Verhältnisse aber ist der ganze Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Auffaugung begründet; denn alle Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Substanzen und Geweben des Körpers geschehen nicht unmittelbar, sondern werden durch feuchte Membranen vermittelt. Die Blutbahn ist überall in sich abgeschlossen; nirgends existirt eine offene Mündung eines Gefäßes; die Lymph- und Chylusgefäße sind ebenfalls, wenigstens der Meinung der meisten Forscher zu Folge, von allen Seiten geschlossene Röhren; der Verdauungskanal ist nur nach Außen, nirgends in die Gewebe des Körpers geöffnet, die absondernden Kanäle befinden sich in demselben Falle, sie stehen nur mit der äußeren Oberfläche, nicht aber mit den Blutgefäßen, aus welchen sie ihr Sekret ziehen, in unmittelbarem Zusammenhange. Der Uebergang von Stoffen aus dem Darmkanale in das Blut oder die Lymphe und aus der Blutbahn in die absondernden Organe, mit einem Worte, der ganze vegetative Lebensprozeß wäre demnach eine reine Unmöglichkeit, wenn nicht

alle diese Röhren, Kanäle und Flächen in solcher Art gewebt wären, daß Flüssigkeiten durch sie hindurchdringen und der Stoffwechsel auf diese Weise vor sich gehen könnte.

Jedermann weiß aus der täglichen Erfahrung, daß trockene organische Stoffe in wässerige Flüssigkeiten gelegt eine gewisse Quantität davon aufsaugen, und durch diese Aufsaugung selbst ein bedeutenderes Volumen einnehmen oder quellen. Diese Quellung verändert in der einflußreichsten Weise die physikalischen Verhältnisse der Organe, namentlich ihre Elasticität und Dehnbarkeit, und es ist nicht zu viel gesagt, wenn man behauptet, daß ohne die beständige Durchbringung unserer sämmtlichen Organgewebe mittelst der aus dem Blute ausgeschwitzten Flüssigkeit sowohl vegetatives Leben als Bewegung des Organismus durchaus unmöglich wäre. Das Maß von Flüssigkeit, welches die einzelnen Gewebe bei der Quellung aufnehmen, ist sehr verschieden, je nach der Zusammensetzung der Flüssigkeit selbst, sowie nach dem Zustande, in welchem sich das Gewebe befindet. So hat man, um nur ein Beispiel anzuführen, gefunden, daß ein Gewichtstheil trockenes Sehnengewebe in 24 Stunden beinahe das Doppelte seines Gewichtes an Wasser, etwa ein gleiches Gewicht Salzwasser, aber nur $\frac{1}{10}$ Oel in sich aufnimmt. Fleisch nimmt um so weniger Salzwasser an, je stärker der Gehalt desselben an Salz ist, und darauf beruht auch die in Haushaltungen bekannte Erscheinung, daß bei dem Einpöckeln des Fleisches das Salz aus dem Fleisch Wasser herauszieht und eine Salzlacke gebildet wird, auch ohne daß man Wasser hinzuschüttet. Das frische Fleisch, welches mit wenig eiweißhaltigem Wasser der Blutflüssigkeit vollständig durchtränkt ist, kann nicht die gleiche Menge von gesättigtem Salzwasser aufnehmen, und es wird demnach durch den Salzgehalt ein Ueberschuß von Wasser aus dem Fleische herausgepreßt. Ganz der gleiche Vorgang findet in unserem Darmkanale Statt, wenn wir z. B. stark gesalzene Speisen oder ein salzhaltiges Laxirmittel nehmen. Es wird der inneren Darmhaut oder vielmehr dem darin cirkulirenden Blute eine gewisse Menge von Flüssigkeit so lange entzogen,

: die im Darm befindliche Masse dem Quellungsgrade der
ırmhaut entspricht.

Die Quellung und vollständige Durchdringung der organi-
en Gewebe mit Flüssigkeit ist die erste und nothwendige Be-
ıgung des beständigen Stoffumsatzes, welcher in dem Organis-
ıs vor sich geht. Die thierischen Häute sind alle, mit wenigen
ısnahmen, aus Fasern gewebt, zwischen welchen Blutgefäße,
:rvenfäden und Lymphgefäße in mancherlei Maschennetzen sich
rchschlingen. Die Zwischenräume, welche das Gewebe bildet,
:ten den hauptsächlichsten Hebel der Austauschungen dar, welche
dem Innern des Parenchyms vor sich gehen. Sobald näm-
) eine thierische Haut auf beiden Seiten mit Flüssigkeiten in
:rührung kommt, die unter sich irgend eine Verschiedenheit
:ten, mag diese Verschiedenheit nun qualitativ oder quantitativ
n, so geschieht ein Austausch der Bestandtheile zwischen beiden
üssigkeiten, der durch das Gewebe der Haut selbst vermittelt
rd und so lange anhält, bis das Gleichgewicht auf beiden
:iten hergestellt ist. Man hat diese Erscheinung Endosmose
ıannt, und vielfache Versuche, die größtentheils in der neuesten
it angestellt wurden, haben uns diese Erscheinung in mannich-
tigster Weise kennen gelehrt. Doch sind viele dieser Versuche
:hr physikalisch als physiologisch wichtig, indem man meist nur
Gegenwirkung einfacher Substanzen untersucht und dabei
ßer Augen gelassen hat, daß in dem lebenden Körper stets
r Flüssigkeiten von sehr complicirter Beschaffenheit in Wech-
wirkung treten. Ebenso sind die meisten Versuche mit Flüssig-
ten angestellt, die beiderseitig im Zustande der Ruhe sich
'anden, während im Körper meist doppelt bewegte oder wenig-
ns einseitig bewegte Flüssigkeiten auf einander wirken. So
ınen wir denn wohl sagen, daß trotz vielfacher Untersuchungen
er die Endosmose und trotz der Kenntniß der physikalischen
:undgesetze derselben dennoch gerade die Anwendung dieser
:undgesetze auf die Vorgänge im Organismus noch vielfachen
hwierigkeiten und Dunkelheiten unterliegt. Die Erscheinung
: Endosmose an sich ist ungemein leicht zu beobachten. Man

braucht zu diesem Ende nur ein Stück von dem Darme eines Thieres an beiden Enden zuzubinden, nachdem man es schlaff mit Weingeist gefüllt hat, und es dann in ein Gefäß mit Wasser zu legen. Bald schwillt das Darmstück an, es füllt sich vollständig, und wenn man, ehe es durch übermäßige Anfüllung platzt, die darin angehäufte Flüssigkeit untersucht, so findet man, daß sie aus wässerigem Weingeiste besteht. Das Wasser ist mithin von außen her durch die Darmhäute in die innere Höhle gedrungen und hat sich mit dem darin befindlichen Weingeiste gemischt. Allein das Wasser in der Schüssel, in welcher der Darm lag, bietet einen schwachen alkoholischen Geschmack dar, und es ergiebt sich, daß auch einiger Weingeist nach außen gedrungen und sich mit dem Wasser gemischt hat. Es ist mithin durch die Darmhaut ein wirklicher Austausch zwischen den beiden Flüssigkeiten vermittelt worden, wodurch eine jede derselben Bestandtheile von der andern erhalten hat; nur mit dem Unterschiede, daß die eine mehr, die andere weniger empfing und ein einseitiges Uebergewicht Statt hat. Man hat deßhalb nicht mit Unrecht die Endosmose eine Einsaugung mit doppelter Strömung genannt, wobei meist der eine Strom mächtiger ist, als der andere.

Die hauptsächlichste Bedingung, welche zur Existenz einer solchen doppelten Strömung nöthig ist, betrifft die chemischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, welche man mit der Membrane in Berührung bringt. Es ist leicht einzusehen, daß Stoffe, welche das Gewebe der Membran zerstören oder ihre Porosität durch Verbindung mit ihren Elementen aufheben, daß solche Stoffe auch unfähig sind, endosmotische Erscheinungen hervorzubringen. So kann z. B. eine Mineralsäure, wie etwa Schwefelsäure, in verdünnten Auflösungen endosmotisch durchgeführt werden, während sie in concentrirtem Zustande die Membran zerstört und keiner Endosmose fähig ist. Eine Vergiftung mit Nordhäuser Schwefelsäure, die bei dem Gebrauche der letzteren zu verschiedenen Gegenständen der häuslichen Oekonomie leider nicht selten vorkommt, tödtet nicht dadurch, daß, wie bei Opium oder einem anderen Gifte dieser Art, der verderbliche Stoff in

das Blut aufgenommen wird und von hieraus wirkt; sondern sie tödtet durch Zerstörung der Schleimhäute des Mundes und Magens und durch die brandige Entzündung, welche die nothwendige Folge einer solchen Zerstörung ist.

Ein zweiter wichtiger Grundsatz ist der, daß die Flüssigkeiten, welche endosmotisch durch eine Membran gehen sollen, mit der Flüssigkeit, welche diese Membran selbst tränkt, mischbar sein müssen. Eine mit Wasser getränkte thierische Haut kann noch so lange mit Oel in Berührung stehen, es wird kein Tropfen der fettigen Flüssigkeit durch sie hindurchdringen, eben weil Oel und Wasser nicht mit einander mischbar sind; ebenso werden mit Oel und Fett getränkte Membranen wässerigen Flüssigkeiten keinen Durchgang gestatten. Es leidet indeß dieses Gesetz eine Ausnahme, sobald die Fette so fein zertheilt sind, daß sie durch die Poren hindurchdringen können, ein Durchgang, der dann besonders erleichtert wird, wenn sich die aufs Feinste zertheilten Fette milchartig in Flüssigkeiten aufgeschwemmt finden, welche verseiftes Fett in Auflösung enthalten. Wir haben bei der Darstellung der Verdauungsthätigkeit gesehen, daß bei weitem nicht alles im Darmkanal aufgenommene Fett verseift wird, sondern daß das meiste in mechanisch fein zertheiltem Zustande in die Blut- und Lymphgefäße übergeführt wird. Wäre dies nicht der Fall, so würde die Aufnahme unverseifter Fette überhaupt unmöglich sein, da alle thierischen Gewebe stets mit eiweißhaltiger wässeriger Flüssigkeit durchtränkt sind. Indeß ist damit, daß ein Uebertritt in größeren Tropfen nicht Statt finden kann, dennoch nicht gesagt, daß wässerige und fette Flüssigkeiten ganz ohne Einwirkung auf einander seien; man hat im Gegentheile gefunden, daß diese Flüssigkeiten, auch ohne sich zu mischen, dennoch diejenigen Stoffe unter einander austauschen, welche in beiden lösbar sind.

Zur Herstellung einer endosmotischen Strömung genügt, wenn die beiden genannten Bedingungen erfüllt sind, eine jede Verschiedenheit zwischen den beiden Flüssigkeiten, mag dieselbe nun durch ihre Zusammensetzung oder ihre Dichtigkeit gegeben

sein. Auflösungen von chemisch verschiedenen Stoffen tauschen sich eben so gut unter einander aus, als Auflösungen desselben Stoffes, welche einen verschiedenen Concentrationsgrad besitzen. Eine schwache Auflösung von Eiweiß auf der einen, eine starke Lösung auf der anderen Seite werden sich so lange mit einander austauschen, bis beide zu derselben Dichtigkeit gelangt sind, und zwar wird der Hauptstrom von der wässerigen Flüssigkeit gegen die concentrirte Statt haben. Es giebt diese Erscheinung den Schlüssel zu der schnellen Aufnahme wässeriger Flüssigkeiten innerhalb des Darmkanales. Getränke verschwinden fast augenblicklich, und nach einigen Augenblicken erscheinen sie, ausgeschieden aus dem Blutstrome, im Harne. Man kann nun aber das Blut füglich als eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff betrachten, als eine Flüssigkeit von einer Concentration, die weit bedeutender ist, als die der meisten unserer Getränke. Sobald diese letzteren in dem Magen angelangt sind, so entsteht ein lebhafter endosmotischer Strom in die Blutgefäße, und die Flüssigkeit wird so lange in den Blutstrom hinübergerissen, bis sie auf gleichem Dichtigkeitsgrade mit dem Blute steht. Die große Schnelligkeit, womit dieser ganze Vorgang sich vollendet, ist leicht erklärlich aus der ungemeinen Dünne und Zartheit der Membranen, durch welche der Austausch vor sich geht. Die Capillaren und die Lymphgefäße, welche ihre Netze in den Falten der Magenschleimhaut, in den Zotten des Darmes bilden, sind aus äußerst zarten Häuten gewebt, und die darüber gezogene Decke von Zellen, welche die äußerste Lage der Zotten bildet, ist ebenfalls nur dünn und sehr porös. Je feiner aber eine die Endosmose vermittelnde Haut ist, desto schneller geht der Austausch zwischen zweien, dieselbe berührenden Flüssigkeiten vor sich.

Versuche der neuesten Zeit haben nachgewiesen, daß auch der Bau der Häute einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit des Austausches in gewisser Richtung habe. Der Hauptstrom geht, wie schon oben bemerkt wurde, bei Auflösungen derselben Substanz von verschiedenem Dichtigkeitsgrade von der

schwächeren Lösung nach der concentrirteren hin. Man hat nun bemerkt, daß in jeder Membran eine gewisse Richtung vorherrscht, nach welcher hin die Endosmose schneller und leichter vor sich geht. So hat man beobachtet, daß bei Anwendung der äußeren Haut der Austausch weit schneller und mit weit größerer Intensität vor sich geht, wenn die concentrirte Lösung auf der äußeren, die schwächere auf der inneren sich findet, der Strom mithin von Innen nach Außen geht, als wenn der umgekehrte Fall eintritt; bei gewissen Schleimhäuten hat man bemerkt, daß der Strom leichter von Außen nach Innen geht. Es versprechen diese Versuche, wenn sie weiter fortgesetzt werden und ihr Prinzip sich bestätigt, wichtige Aufschlüsse über die Natur gewisser Häute, und wenn nachgewiesen werden könnte, daß in allen absondernden Membranen der Strom leichter von Innen nach Außen, in allen aufsaugenden dagegen in umgekehrter Richtung vor sich geht, so würde dies ein unerwartetes Licht auf die Erscheinungen der Absonderung und Aufsaugung werfen.

Von bedeutendem Moment ist noch, wie man sich leicht denken kann, die Strömung und Bewegung der Flüssigkeit, und es kann dieselbe in der That manche andere bestimmende Momente der Stromesrichtung mehr oder minder bedeutend modifiziren. Ruht eine Flüssigkeit, während eine andere an der trennenden Scheidewand sich hinbewegt, so wird die Tendenz des endosmotischen Stromes schon deßhalb nach der bewegten Flüssigkeit gehen, weil stets neue Theile derselben mit der Scheidewand in Berührung kommen, und wenn die Geschwindigkeit bedeutend genug ist, um einer vollständigen Sättigung entgegen zu wirken, so wird auch die Aufnahme aus der ruhenden Flüssigkeit um so schneller vollendet sein. Die günstigsten Beziehungen dieser Art sind an dem Darm wie an der Lunge entwickelt, wo das in stetem Umschwunge befindliche Blut, in tausend Röhren vertheilt, schnell genug umhergetrieben wird, um die in den Hohlräumen der genannten Organe befindlichen luftförmigen oder flüssigen Massen als ruhend erscheinen zu

lassen. Die Auffaugung ist deßhalb wesentlich in beiden Organen durch dies einfache Verhältniß der Blutgefäße begünstigt, und bei den Lungen ist diese Begünstigung noch größer, als bei dem Darme, weil die Blutgefäßmaschen in den Lungen außerordentlich eng, die Haargefäße selbst aber verhältnißmäßig weit und ihre Wände äußerst dünn sind. Es ist deßhalb auch vollkommen gleichgültig, ob man eine Substanz, ein Gift z. B., direkt in den Blutstrom oder in die Lungen spritzt, da die Aufsaugung in den Lungen in unmeßbar geringer Zeit geschieht. Es erklärt sich aber auch aus demselben Umstande, weßhalb giftige Dämpfe und Gasarten, die der atmosphärischen Luft beigemengt sind und geathmet werden, so außerordentlich gefährlich sind, und selbst in kleinen Mengen bedeutende Wirkungen auf den Organismus hervorbringen. Nicht minder erklärt sich aus der Einrichtung, die am Darme Statt findet, der Umstand, daß manche Beobachter bei lebenden Thieren keine Erscheinungen der Endosmose wahrnehmen konnten. Versuche dieser Art wurden in folgender Weise gemacht. Man öffnete die Unterleibshöhle eines lebenden Thieres, isolirte ein Stück Darm, in das man die wässerige Auflösung eines leicht erkennbaren Salzes spritzte, unterband das Darmstück auf beiden Seiten, so daß die Flüssigkeit nicht in den übrigen Darm eindringen konnte, und brachte Alles in die Bauchhöhle zurück. Nach einer halben Stunde etwa zog man die unterbundene Darmschlinge wieder hervor und untersuchte, ob die eingespritzte Flüssigkeit auf die Außenfläche des Darmes durchgedrungen sei. Man erhielt, wie sich von selbst versteht, ein negatives Resultat. Blutgefäße und Lymphgefäße hatten begreiflicher Weise das in die Darmhaut Eingedrungene fortgeschafft, da die Bewegung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten in keiner Weise gestört worden war.

Betrachten wir den Darmkanal im Großen, so erscheint er als ein enges, in die Länge gezogenes Rohr, auf dessen innerer Oberfläche ein außerordentlicher Reichthum von Capillargefäßnetzen, so wie von Lymphgefäßen sich entwickelt hat. Das zu dem Darmkanale strömende Blut wird durch mehrere Zweige der



großen Körperschlagader, der Aorta, geliefert; das von dem Darme zurückströmende Blut tritt in der Pfortader zu einem Stamme zusammen, um sich dann wieder in dem Haargefäßnetz der Leber zu verzweigen. Die Lymphgefäße, deren Endigungen bei weitem noch nicht so genau dargestellt sind, als wünschbar wäre, die aber wahrscheinlich auch überall geschlossene Röhren darstellen, treten in einzelne Stämme zusammen, welche in den Lymphdrüsen des Gekröses sich knäuelartig verwickeln, dann aber ihren Weg nach dem Milchbrustgange fortsetzen, der sich in die linke Schlüsselbeinvene ergießt. Alle diese Gefäße enthalten beständig Flüssigkeit; — die einen Blut, die andern Milchsaft; ihre Wände sind aus feinen Häuten gewebt und demnach beständig von Flüssigkeit durchdrungen; die Schleimhaut des Darmkanals ist ebenfalls jederzeit mit Flüssigkeit getränkt; es muß also nothwendig ein steter Austausch von Stoffen zwischen den Blut- und Lymphgefäßen einerseits und dem Darmkanale andererseits Statt haben. Auf diese Weise kann man schon von vorn herein, nur aus der Kenntniß der anatomischen Anordnung des Ganzen, den Schluß ziehen, daß den im Darmkanale von Außen her aufgenommenen Stoffen zwei Wege gegeben sind, um in die Blutbahn und zwar in das venöse Blut zu gelangen: ein direkter, durch die Lymphgefäße, wo die Substanzen kein absonderndes Organ mehr durchlaufen und unmittelbar in die Venen ergossen werden, und ein längerer durch die Capillargefäße des Blutsystemes, welche erst als Pfortader in dem absondernden Organe der Leber sich verzweigen, ehe sie in die Hohlvene einmünden. Man hat den letzteren lange Zeit hindurch alles und jedes Aufsaugungsvermögen abgesprochen und dasselbe lediglich den Lymphgefäßen vindicirt; — andere haben, durch die große Schnelligkeit, womit Stoffe in das Blut übergehen, überrascht, den Capillargefäßen und den Venen einzig und allein die Funktion der Aufsaugung zugesprochen und die Lymphgefäße als eine Art Luxusartikel in der thierischen Oekonomie betrachten wollen; — die Wahrheit liegt auch hier, wie so oft, in der Mitte, und es handelt sich nur darum, jedem dieser Gefäße die ihm zugehörige

Rolle in der für die Existenz des Organismus so wichtigen Funktion der Aufsaugung nachzuweisen.

Die Lymphgefäße der höheren Thiere besitzen keinen solchen bewegenden Mechanismus, wie das Blutgefäßsystem; es existirt kein Herz in der ganzen Ausbreitung der Lymphgefäße, wodurch der Inhalt nach einer gewissen Richtung hin getrieben werden könnte. Bei den niederen Thieren verhält sich das anders; die Fische, die Amphibien, die Vögel besitzen contractile Lymphherzen, durch welche die Lymphe in die Venen übergetrieben werden kann. Bei den Säugethieren und dem Menschen fehlt ein solcher Apparat gänzlich, es müssen hier also andere bewegende Ursachen der Lymphe und des Milchsaftes aufgesucht werden. An der Thatsache des Strömens dieser Flüssigkeiten innerhalb der Lymphgefäße nach dem Milchbrustgange und der linken Schlüsselbeinvene hin kann nicht gezweifelt werden, und es ist leicht, sie in einem Versuche zur Anschauung zu bringen. Schon die Richtung der im Innern der Lymphgefäße angebrachten Klappen deutet darauf hin. Man kann die Lymphgefäße nicht vom Stamme aus gegen die Aeste hin einspritzen, wie etwa die Arterien; die im Innern befindlichen Klappen stellen sich sogleich auf und verwehren der Flüssigkeit den Durchgang. Oeffnet man bei einem jungen, säugenden Thiere den Unterleib und breitet das Gekröse aus, um die Milchgefäße, welche vom Darme herkommen, in ihrer ganzen Ausdehnung überschauen zu können, so zeigen sich diese Lymphgefäße strotzend mit einem milchweißen Chylus erfüllt. Legt man einen Faden um eines derselben, so füllt sich die Strecke des Milchgefäßes zwischen dem Faden und dem Darme bis zum Bersten an, und bei einem Einstiche in das Gefäß spritzt der Inhalt im Bogen hervor, während von dem Faden weg nach dem Milchbrustgange hin das Gefäß sich nach der Unterbindung entleert hat. Derselbe einfache Versuch bringt aber noch eine andere Eigenthümlichkeit der Milchgefäße zur Anschauung, die nicht ohne Resultat für die Auffassung der in ihnen herrschenden Bewegung bleibt. Die Milchgefäße füllen und entleeren sich nämlich abwechselnd, wenn man sie in dem

Gekröse eines lebenden Thieres betrachtet, und die darin enthaltene Flüssigkeit schiebt sich dadurch stets weiter und weiter vom Darme weg. Spürt man nun dem Rhythmus dieser abwechselnden Füllungen und Entleerungen nach, so ergiebt sich bald, daß derselbe mit den wurmförmigen, peristaltischen Bewegungen des Darmes in einem gewissen Zusammenhange steht. Einer jeden Zusammenziehung einer Darmstelle folgt die Anfüllung des Lymphgefäßes und eine beschleunigte Bewegung des darin enthaltenen Milchsaftes; der Erschlaffung des Darmes folgt das Zusammensinken des Lymphgefäßes, das sich entleert, in sich zusammenfällt und enger in seinem Lumen wird, als es bei der Anfüllung im ausgedehnten Zustande war.

Es scheint, als ob dieses Phänomen, das sehr leicht bei jungen, säugenden Thieren zu beobachten ist, den Schlüssel zu der Ursache der Lymphbewegung geben könne. In der That werden auch nur in solchen Organen Lymphgefäße beobachtet, welche entweder selbstständig durch Zusammenziehung ihr Volumen ändern können, oder aber so von muskulösen Theilen umgeben sind, daß sie stets abwechselndem Drucke ausgesetzt werden können. In den Knochen, so wie im Gehirne, in welchen kein solches Verhältniß Statt haben kann, sind auch bis jetzt noch keine Lymphgefäße nachgewiesen worden. Es sind demnach großentheils die Muskularbewegungen anderer umliegenden Gebilde, welche den Grund zur Bewegung der Lymphe und zur Fortschaffung dieser Flüssigkeit in sich enthalten. Die Lymphgefäße verhalten sich etwa, wie die Capillarröhren eines Badeschwammes, welchen man mit dem einen Ende ins Wasser taucht. Die Röhren saugen sich voll Wasser, das beim Zusammendrücken des Schwammes wieder hervorquillt; beim Nachlassen des Drucks wird sogleich wieder Wasser nachgesaugt. Bei den Lymphgefäßen findet nur der Unterschied Statt, daß hier durch den Bau und die Vereinigung der Kanäle dem Ausflusse eine bestimmte Richtung gegeben ist. Ein durch endosmotische Strömung an seinem peripherischen Ende angefülltes Lymphgefäß wird daselbst zusammengedrückt; die darin enthaltene Flüssigkeit wird durch diesen

Druck nach dem Stamme hin fortgeschoben. Läßt der Druck nach, so kann, der Klappen wegen, die Flüssigkeit nicht zurück strömen; sie sammelt sich hinter den Klappen an. Unterdeß füllt sich der entleerte Theil des Lymphgefäßes von Neuem und bei erneuertem Drucke wird die frisch aufgesaugte Flüssigkeit auch wieder weiter geschoben. Der Mechanismus der Lymphgefäße ist demnach einer Saugpumpe mit elastischen Röhren zu vergleichen, wo aber der hebende Zug des leeren Raumes durch einen aktiven, auf die Röhren selbst wirkenden Druck ersetzt ist.

Eine Menge alltäglicher und Jedermann bekannter Erscheinungen zeigen den Einfluß der Muskelzusammenziehungen auf die Bewegungen der Lymphe. Bei längerem Sitzen zu Pferde oder im Wagen schwellen die Beine wassersüchtig an durch Erguß von Flüssigkeit in das Zellgewebe. Aktive Bewegung der Glieder, Gehen zu Fuße ist das beste Mittel, um diese Anschwellung verschwinden zu machen, denn sie ist einzig und allein Folge der Bewegungslosigkeit, in welcher die Beine längere Zeit hindurch erhalten wurden. Das aus den Blutgefäßen in das Gewebe ausgeschwitzte Blutwasser, welches bei gewöhnlicher Bewegung von den Lymphgefäßen aufgesaugt und weggeschafft wird, sammelt sich jetzt in dem Gewebe an, da in Folge der Unthätigkeit der Muskeln die Bewegung in den Lymphgefäßen stockt — daher die wassersüchtige Anschwellung und ihre Heilung bei sofortiger Bethätigung der Lymphbewegung. Vielleicht, daß ein ähnliches Verhältniß in gewissen Krankheiten obwaltet, wo durch Lähmung des Nerveneinflusses die peristaltischen Zusammenziehungen des Darmes geschwächt und verlangsamt werden und als Folge dieser Paralysirung des Haupthebels der Milchsaftbewegung dann allgemeines Sinken der Ernährung und des Aufsaugungsprozesses eintritt.

Die Muskelbewegungen und Volumveränderungen der umgebenden Theile aber sind nicht die alleinigen Hebel der Bewegung in den Lymphgefäßen. Es giebt auch noch selbstständige Contractionen der Gefäßstämme, die zwar sehr langsam sind, aber doch beobachtet wurden an lebenden Thieren, und deren Vor-

handensein auch dadurch wahrscheinlich wird, daß an dem Milchbrustgange ähnliche unwillkürliche, im Ring gelagerte Muskelfasern nachgewiesen werden können, wie an anderen contractilen Röhren. Daß aber die Lymphgefäße Contractilität besitzen und die in denselben enthaltene Flüssigkeit stets unter einem gewissen Drucke steht, geht schon aus dem Umstande hervor, daß ein angefülltes Lymphgefäß, wenn es angestochen wird, ganz so im Strahle spritzt, wie eine Vene; ein Beweis, daß die Flüssigkeit unter einem gewissen, von den Wandungen ausgeübten Drucke steht.

Die Auffaugung durch die Capillargefäße des Blutsystems unterliegt Gesetzen, die zwar im Prinzipe durchaus dieselben bleiben, deren Wirkung aber, durch die speziellen Verhältnisse der Haargefäße, sehr bedeutend modifizirt ist. Das Blut, welches in den Capillaren cirkulirt, wird von dem Herzen aus in raschem Strome durch die feinen Maschen getrieben; eine Blutwelle drängt die andere und eine nach der anderen kommt in enge Wechselwirkung mit den auffaugenden Stoffen. Im weiteren Laufe aber durchströmt das Blut die Leber, die Lungen und verschiedene andere Sekretionswerkzeuge, ehe es wieder an die Stelle der Auffaugung, das heißt zum Darmkanale zurückkommt. Die Blutwelle, welche schon einmal aufgesaugt hat, kann demnach auf ihrer Bahn sich aller aufgenommenen Stoffe entledigt haben und von Neuem zu endosmotischem Austausche fähig sein. Die Schnelligkeit, womit Flüssigkeiten in die Capillargefäße eindringen, ist nicht minder beträchtlich, als die Durchdringung der Lymphgefäße, denn die Häute beider sind gleich dünn und zart gewebt. Wenn aber dieses eine Moment der Auffaugung dasselbe ist in beiden Arten von Gefäßen, so ist im Gegentheile die Schnelligkeit der Verbreitung der aufgesaugten Stoffe durch den ganzen Körper himmelweit verschieden. In den Lymphgefäßen wird nur langsam der Inhalt nach den Stämmen und dem Milchbrustgange hingeschoben, während die von den Blutgefäßen aufgenommene Substanz in wenig Minuten den ganzen Körper

durchläuft, und entweder irgendwo verbraucht, oder von den Absonderungsorganen ausgeworfen wird.

Die Versuche, denen man zu Folge den Lymphgefäßen alle Auffaugungsfähigkeit absprach, waren in so fern mangelhaft, als man nicht die gehörige Geduld hatte, abzuwarten, bis das bei der langsamen Bewegung der Lymphe nothwendig erst sehr spät sich zeigende Resultat eintrat. Dann aber berücksichtigte man auch den zweiten Faktor der Lymphbewegung, die selbstständige Contraktion der Gefäßwandungen, nicht genug und wählte Substanzen zu diesen Versuchen, welche auf diese Contraktionen einen lähmenden Einfluß ausüben. Das Prinzip, nach welchem die Versuche angestellt wurden, war richtig; Vernachlässigung der Nebenumstände machte das Resultat fehlerhaft. Man stellte die Versuche nämlich in der Art an, daß man die zu einem Gliede oder isolirten Darmstücke gehenden Blutgefäße unterband und nun in eine Wunde oder in die Höhle des Darmes ein starkes narkotisches Gift, z. B. Strychnin oder Opium, brachte. So lange der Kreislauf in dem isolirten Körpertheile unterbrochen war, zeigten sich, auch nach stundenlangem Harren, keine Vergiftungserscheinungen; sobald man aber die Unterbindungsfäden löste und dadurch den Kreislauf wieder herstellte, so zeigten sich auch die dem Gifte eigenthümlichen Wirkungen. Ebenso erschienen Substanzen, die zwar nicht giftig wirkten, aber entweder durch ihre Farbe oder ihre Reaktion sich leicht in kleinen Mengen auszeichnen, nach sehr kurzer Zeit in den Blutgefäßen und erst nach mehreren Stunden in der Lymphe der Stämme und des Milchbrustganges. Aus diesen Versuchen, deren Richtigkeit nicht angefochten werden kann, schloß man nun auf der linken Seite des Rheines etwas übereilt auf die totale Unfähigkeit der Lymphgefäße, Substanzen aufzusaugen, und läugnete somit die ihnen bisher zuerkannte Funktion, an deren Stelle freilich man keine andere zu setzen wußte. Indeß ging man hierin offenbar zu weit; man vergaß, daß nach Fütterung der Thiere mit gewissen Substanzen diese während der Verdauung in den Milchgefäßen nachgewiesen werden können; man vergaß, daß manche Gifte,

und besonders thierische, offenbar durch die Lymphgefäße aufgesaugt werden, wie dieß in solchen Fällen die nachfolgenden krankhaften Erscheinungen auf das Ueberzeugendste darthun. Wie oft erfolgen nach Verwundungen, bei Sektionen faulender oder an bösartigen, zersetzenden Krankheiten verstorbener Leichname schmerzhafte Entzündungen, bei welchen die Lymphgefäße des verwundeten Theiles strangartig anschwellen, hart werden, und wo zuweilen die Entzündung sich in die benachbarten Lymphdrüsen fortsetzt und hier hartnäckige Eiterungen, nicht selten sogar den Verlust des Gliedes oder selbst allgemeine Vergiftung zur Folge hat! Die Vorsichtsmaßregeln gegen solche, leider nur allzu häufige Zufälle und ihre Folgen waren den Anatomen und Physiologen meistens aus eigener, schmerzhafter Erfahrung bekannt, und darum konnte auch die neue Lehre von der Unthätigkeit der Lymphgefäße sich keinen vollkommenen Beifall erringen. Die aus den Versuchen selbst aber gezogenen Schlüsse erhielten bald die bedeutendsten Modifikationen. Die Farbestoffe, die Reagentien, die Nahrungssubstanzen waren stets einige Stunden nach der Aufnahme in den Körper auch im Laufe der Lymphgefäße nachgewiesen worden, und da man anatomisch erhärten konnte, daß keine Verbindung zwischen den Aesten und Zweigen der Lymphgefäße und den Blutgefäßen existirt, so war dadurch der Schluß gerechtfertigt, daß die Lymphgefäße zwar allerdings auffsaugen, aber im Verhältniß zu den Blutgefäßen nur sehr langsam. Daß narkotische Gifte gar nicht von ihnen aufgenommen werden, war um deßwillen erklärlich, weil diese Gifte die Muskularzusammenziehung der Lymphgefäße bei örtlicher Applikation unmittelbar lähmen. Die Berührung dieser Gifte mit der inneren Haut der Lymphgefäße mußte mithin nothwendig die Bewegung in diesen Gefäßen selbst vernichten, indem sie ihre selbstständigen Contractionen lähmte. Noch mehr wirkte aber bei solchen Versuchen, wo man z. B. die Unterleibsaorta unterband und so den Blutlauf in den Hinterfüßen aufhob, die dadurch bewirkte Lähmung des Beines. Wenige Minuten nach dem Verschwinden des Blutlaufes ist die Extremität völlig gelähmt,

bewegungslos und zugleich erkaltet sie nach und nach — wie soll da eine Fortbewegung der Lymphe Statt finden können?

Der Hauptunterschied zwischen den Lymph- und Blutgefäßen hinsichtlich der Aufsaugung beruht demnach in der verschiedenen Schnelligkeit, womit die Stoffe in denselben aufgenommen und weiter geführt werden. Damit ist aber auch zugleich ein fundamentaler Unterschied hinsichtlich der Natur dieser aufzunehmenden Substanzen selbst gegeben, und einzig aus diesem Umstande ist es erklärlich, warum die Blutgefäße hauptsächlich solche Stoffe aufsaugen, welche dem Körper in ihrer Zusammensetzung heterogen sind, und die meist als fremde Stoffe wieder ausgeleert werden, während die Lymphgefäße die eigentlichen Kanäle zur Ueberführung der nährenden Substanzen sind, mögen nun diese von Außen her aufgenommen werden, wie es in dem Darmkanale der Fall ist, oder sich als Ueberschuß bildender Flüssigkeit in den Geweben des Körpers und dem Blute ausgeschieden haben.

Die in dem Darmkanal aufgenommenen Stoffe bilden dort einen Brei, in welchem hauptsächlich Faserstoff, Eiweiß, Fett, Zucker und stärkemehlhaltige Substanzen aufgelöst und mit mancherlei fremdartigen Bestandtheilen und mineralischen Salzen gemengt erscheinen. Dieser Brei ist in beständiger, vielseitiger Berührung mit der Schleimhaut des Darmes, in beständigem Austausche mit den Lymphgefäßen und den Capillarnetzen der Schleimhaut. Die erste Wirkung dieser Berührung wird sein, daß beide Flüssigkeiten sich auf einen gleichen Concentrationspunkt stellen, und daß das Blut entweder, wenn der Speisebrei weniger concentrirt ist, Wasser von ihm aufnimmt, oder aber, im entgegengesetzten Falle, Wasser an ihn abgibt. Da wir meist mehr oder weniger feste Nahrung zu uns nehmen, so wird dadurch das Bedürfniß der Suppen und anderer flüssigen Gerichte, so wie die Nothwendigkeit des Trinkens über Tisch und während der Verdauung leicht erklärlich. Das Blut stellt aber eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff mit mehreren Salzen vor. Sobald der Speisebrei einen ihm gleichen Concentrationsgrad hat, so wird weder Faserstoff noch Eiweiß, mithin keine unmit-

telbar nährende Substanz mehr vom Blute aufgenommen werden können. Fremdartige Stoffe dagegen, stärkemehlhaltige Substanzen und Salze werden durch schnellen Austausch in das Blut befördert und von diesem stets weiter geführt, so daß bedeutende Quantitäten solcher Stoffe aufgenommen werden können. Ihre Aufsaugung hört erst dann auf, wenn das Blut ebenso mit diesen Stoffen gesättigt ist, als die im Darme enthaltene Flüssigkeit; — ein Verhältniß, das um so seltener eintreten muß, als das Blut in den Sekretionsorganen stets wieder eine Ablage für fremdartige Stoffe besitzt. Die Aufnahme der direkt nährenden Stoffe, der Blutbildner, ist demnach nur dann möglich, wenn ungleiche Concentrationsgrade zwischen dem Speisebrei und dem Blute bestehen, die aber bei der Schnelligkeit des Kreislaufes bald ausgeglichen sind.

Anders verhält es sich mit den Lymphgefäßen. Diese füllen sich mit derjenigen Flüssigkeit, welche die Darmschleimhaut und deren Gewebe tränkt. Ob diese Flüssigkeit aus dem Blute oder aus den frisch aufgenommenen Stoffen herstammt, ist völlig gleichgültig; — sie füllen sich damit und führen sie langsam in stetem Zuge in den Kreislauf über. Man kann sich in der That die Bildung des Milchsaftes eben so wohl als einen Akt der Aufsaugung wie als einen Akt der Absonderung vorstellen. Wir sahen oben, daß eine jede Darmzotte in ihrer Mitte einen Kanal enthält, der das blinde Ende eines Milchgefäßes ist, und daß dieser Kanal ringsum von den Netzen der Blutgefäße umsponnen ist, die ihrerseits nur von den Zellen des Epitheliums bedeckt sind. Vergleicht man diese Anordnung mit derjenigen der Drüsengänge, so sieht man, daß der Anfang des Milchgefäßes ganz vollkommen dem Anfange eines Drüsenkanales entspricht, der ebenfalls von Blutgefäßnetzen umsponnen ist. Hierzu kommt noch, daß der Milchsaft in ähnlicher Weise, wie alle anderen Drüsenabsonderungen, eine constante Zusammensetzung hat, die nur in engen Grenzen schwankt und nur hinsichtlich des mechanisch beigemengten Fettes Verschiedenheiten zeigt; ganz so wie z. B. der Harn eine constante Zusammensetzung gewahren läßt,

die nur hinsichtlich der beigemengten, von außen eingeführten Salze wechselt. Neuere Untersuchungen stellen freilich die Struktur der Darmzotten, wie man sie bisher gefunden zu haben glaubte, wieder in Zweifel. Hiernach sollen die Cylinderepithelien, welche den Ueberzug der Darmzotten bilden, nicht vollständig geschlossen, sondern nach Außen wie nach Innen, gegen die Darm- wie gegen die innere Höhle nur durch eine zähe Schleimhaut gleichsam zugepfropft sein. So träte dann die im Darmrohr enthaltene Flüssigkeit mit den darin vertheilten Fetttröpfchen durch diese Schleimschichten, durch die Cylinder des Epitheliums und zwischen denselben hindurch in die Masse der Darmzotte und in die Zwischenräume ihres Gewebes, die unmittelbar mit der Centralhöhle communicirten. Diese sämmtlichen Zwischenräume wären demnach wandungslose Chyluswege, ebenso wandungslos wie die Centralhöhle der Zotte, und erst in der Muskelschicht des Darmes erhielten diese Chyluswege eigene Wandungen, die sie dann zu wahren Lymphgefäßen stempelten. Die Anfänge der Milchgefäße in der Darmschleimhaut bestünden demnach aus Zwischenräumen zwischen den einzelnen Formelementen der Zotte, die erst nach ihrer Sammlung zu größeren Stämmchen Wandungen und später Klappen erhielten. Die Bestätigung dieser Beobachtungen ist noch zu erwarten; das Resultat für das Leben und seine Oekonomie bleibt indessen durchaus dasselbe, wie man auch die Funktion der Lymphgefäße ansehen möge. Bekommt der Mensch keine Nahrung oder nur solche, welche kein Eiweiß, keinen Faserstoff enthält, so müssen diese Stoffe mit dem Blutwasser aus den Gefäßen treten, das Gewebe der Schleimhaut tränken und in den Bereich der Lymphauffaugung fallen. Erhält der Organismus dagegen eine an blutbildenden Stoffen reiche Nahrung, so werden diese in dem Darmkanale aufgelöst und durch die von ihnen durchtränkte Schleimhaut den Milchgefäßen zugeführt werden. Bei hungernden, wie bei wohlgefütterten Thieren wird daher der Chylus und die Lymphe einen etwa gleichen Gehalt an blutbildenden Stoffen bieten, denn die tränkende Ernährungsflüssigkeit bleibt in beiden

Verhältnissen etwa dieselbe hinsichtlich ihrer Zusammensetzung. Daß aber andere fremdartige Substanzen nur in sehr geringer Menge in den Chylus und die Lymphe aufgenommen werden, dieses ist leicht aus der Schnelligkeit ihrer Wegschaffung mittelst der Blutgefäße erklärlich. Bis nur eine einigermaßen bemerkliche Quantität dieser Stoffe in der trägen Bewegung der Lymphe fortgerückt und nach den Stämmen hin bewegt ist, haben die Blutgefäße schon die ganze Masse des fremden Stoffes aufgeräumt.

Als Resultat unserer Untersuchungen über die Auffaugung bleibt demnach festgestellt: die Lymphgefäße sind die beständige stete Zufuhrquelle der blutbildenden Bestandtheile und des Fettes, die Blutgefäße dagegen der Auffaugungsapparat für alle in ihrer Zusammensetzung dem Blute selbst noch fremdartigen Stoffe. Es stimmt dies Resultat, wie man sieht, vortrefflich mit der anatomischen Einrichtung, welche das von dem Darme kommende Blut erst durch den Läuterungsapparat der Leber gehen läßt, während die durch die Milchgefäße zugeführten Bestandtheile unmittelbar in den Strom der Cirkulation ergossen werden.

Achter Brief.

Die Ernährung.

Vor länger als zweihundert Jahren erschien in Venedig ein Buch, betitelt : de medicina statica aphorismi. Dem Titelblatte gegenüber sah man "in Holzschnitts-Gloria" den Verfasser, den ehrwürdigen Sanctorius, wie er auf einer Wage saß, die zugleich sein Studirzimmer, Schlafkabinet und heimliches Gemach war. Monate und Jahre lang saß so der würdige Doktor auf seiner Wage und erzählte nachher der gelehrten Welt, wie viel an Nahrungsmitteln er eingenommen, wie viel an sichtbaren Auswurfsstoffen, Koth und Harn er davon wieder ausgegeben, und wie viel in luftförmiger Gestalt durch Athmung und Ausdünstung von ihm gegangen sei. Es war ein erster Versuch, wie man sieht, über die Oekonomie des Körpers doppelte Buchhaltung zu führen; — ein Versuch, der sich freilich nur auf die Bilanz der Kasse beschränkte, auf Einnahme und Ausgabe; die ganze verwickelte innere Geschäftsführung aber gänzlich außer Augen ließ. Merkwürdig aber ist es, daß schon in so früher Zeit, beim ersten Wiedererwachen der Wissenschaften in Italien, Versuche angestellt wurden, welche auf der Erkenntniß beruhten, daß die Materie überhaupt unzerstörbar sei, und daß in dem Körper weder Neubildung noch Zerstörung, sondern nur Umsatz und Umgestaltung des Stoffes stattfinde.

Von Zeit zu Zeit wurden Versuche ähnlicher Art wiederholt, je nachdem das Bedürfniß der fortschreitenden Wissenschaft sie nöthig machte. Man suchte mehr und mehr die Fehlerquellen zu vermeiden und den Versuch selbst auf sichere Grundlagen zu

stellen. Vergleichende Versuche mit Thieren, bei welchen man die äußeren Umstände mehr in der Gewalt hat, dienten zur Controllirung dieser Versuche, die freilich keine tiefere Einsicht in den Stoffwechsel selbst geben können, wohl aber eine allgemeine Uebersicht gestatten, die zur Benutzung anderer Kenntnisse nützliche Fingerzeige giebt.

Die neuesten Versuchsreihen, beiläufig bemerkt, alle von kleinen, hageren Menschen angestellt, die nicht einmal viel mehr als hundert Pfund wogen, ergaben etwa folgende Resultate. Bei der Athmung wird Sauerstoff aufgenommen; die Einnahmen bestehen demnach aus Speise und Trank und aus einer gewissen Menge Sauerstoff, der aus der Atmosphäre eingeführt wird. Die Menge dieses letzteren beträgt etwa $1/3$ bis $1/4$ der eingenommenen Nahrungsmittel. Die Ausgaben bestehen aus Koth und Harn, oder den merklichen Entleerungen, deren Gesammtsumme etwa $1/3$ bis $2/5$ der gesammten Ausgaben beträgt, und wovon der Koth $1/20$ höchstens nimmt, während die weit bedeutendere Menge für den Harn bleibt. Die unmerklichen Ausgaben bestehen aus der beim Athmen entfernten Kohlensäure, die $1/4$ bis $3/10$ der Gesammtsumme beträgt, und aus dem durch Lungen und Haut verdünsteten Wasser, das ebenfalls etwa $1/3$ ausmacht. Theilt man demnach die sämmtlichen Ausgaben in 3 Theile, so fällt etwas über $1/3$ auf Koth und Harn, die übrigen nicht völligen $2/3$ auf Kohlensäure und Wasser; und der Koth beträgt verhältnißmäßig so wenig, daß ein Beobachter seinen Werth bei einer Compagnie Soldaten etwa dem Werthe des außerhalb der Menage genossenes Wurstbrodes, Bieres und Branntweins gleichstellen konnte. Dem deutschen Soldaten aber, diesem Kerne der Nation, bleibt wohl nur wenig zu solchen Ausgaben übrig; — dafür ist gesorgt. Für die gewöhnliche Einsicht hat diese geringe Menge der Excremente schon etwas Ueberraschendes; wir sind dermaßen gewöhnt, das Wasser der Einnahmen wie der Ausgaben unbemerkt zu lassen, daß gewiß jeder Laie auf die Frage: welche von beiden Ausleerungen, Koth oder Harn, ihm die bedeutendere scheine, unmittelbar die erstere als die bei

weitem größere angeben wird. Das Verhältniß bleibt aber auch bei den Thieren dasselbe wie bei dem Menschen. Ueberall ist die Kothausgabe verhältnißmäßig die unbedeutendste, und es ergiebt sich schon aus dieser einfachen Betrachtung, wie sehr Unrecht wir thun, wenn wir bei Ansammlung der zur Düngung dienenden Produkte des Thierreiches die wässerigen Ausleerungen vernachlässigen. Es ist leicht nachzuweisen, daß das Abführen der Cloaken in fließendes Wasser der menschlichen Gesellschaft mehr Stoff entzieht, als das Mißrathen einer Erndte.

Das gegenseitige Verhältniß der Ausgaben wechselt außerordentlich, je nach verschiedenen Nebenumständen. Alle Bedingungen, welche die Athmung beschleunigen oder hinterhalten, erhöhen oder erniedrigen in derselben Weise die Ausscheidung der Kohlensäure, deren Verhältniß zu den übrigen Ausgaben deßhalb im Schlafe am geringsten, nach der Mahlzeit oder bei anhaltender Bewegung am größten ist. Das Wasser in Schweiß und Harn steht in beständigem Wechselverhältniß zu einander, wodurch die unmerklichen Ausgaben so veränderlich werden, daß sie bis zum Fünffachen sich erhöhen können. Bei ruhigem Sitzen verlor ein Beobachter in der Stunde vor Tische, wo er hungerte, 30 Gramm, während er beim Bergeklettern und starkem Schwitzen 133 Gramm in derselben Zeit durch Athmung und Ausdünstung verlor. Nicht minder wirkt die Temperatur ein, und im Winter verliert man deßhalb bedeutend mehr durch die merklichen Ausleerungen, während im Sommer das umgekehrte Verhältniß Statt findet.

Während der größten Zeit seiner Existenz bleibt der Mensch etwa auf demselben mittleren Körpergewicht stehen, geringere Schwankungen abgerechnet, die sich meistens schon im Laufe mehrerer Tage ausgleichen. In der Jugend dagegen nimmt der Körper täglich zu, sein Gewicht steigert sich bis zum vollendeten Wachsthum, es muß demnach ein Mißverhältniß zwischen Einnahmen und Ausgaben zu Gunsten der ersteren Statt finden. Umgekehrt verhält es sich im Alter, wo die Ausgaben überwiegen,

der Körper allmählich von seinem Gewichte zurücksinkt und das Leben endlich unter diesen ungünstigen Bedingungen erlischt.

Dasselbe Uebertwiegen der Ausgaben gegen die Einnahmen führt das Erlöschen des Lebens beim Hungern oder bei unzweckmäßiger Nahrung herbei. Man hat Gelegenheit gehabt, bei Unglücksfällen, wie z. B. auf Schiffen oder bei Verschüttungen, wo das Athmen möglich blieb, die Erscheinungen zu beobachten, welche bis zum Hungertode auftreten. Sie beruhen einerseits auf gänzlicher Abmagerung, d. h. auf gänzlichem Verbrauche des Fettes und dann auch der übrigen Organe, andererseits auf Krankheitserscheinungen, die erst in Ueberreizung, dann in Apathie ihren Grund haben. Bei gänzlicher Entziehung von flüssigen wie festen Nahrungsmitteln treten zuerst Entzündungserscheinungen in Mund und Rachen auf, bedingt durch die Austrocknung der ausdünstenden Theile. Diese Erscheinungen steigern sich zu wirklichen Entzündungen im Magen und Darm, womit außerordentliche Aufregung des Nervensystemes verbunden ist. Während dieses Zeitraumes sind die Ausgaben verhältnißmäßig am geringsten, indem das ganze Spiel der Organe darauf berechnet ist, auf eigene Kosten hauszuhalten. Dann kommt die Periode der Erschlaffung. Die anfänglich oft bis zum Wahnsinn gesteigerte Hirnreizung geht in Stumpfsinn und Schlafsucht über; der anfangs harte, zusammengezogene und schnelle Puls wird langsam und schleichend; die Wärme nimmt ab; — und so erlischt endlich unter stetem Sinken aller Funktionen das Leben. Daß die Ausgaben im Allgemeinen bedeutend sinken, kann man schon daraus erschließen, daß im normalen Zustande dieselben bedeutend genug sind, um in 7 Tagen etwa so viel zu betragen, als das Gesammtgewicht des Körpers ausmacht, während doch Beispiele vorliegen, daß die gänzliche Entziehung aller Nahrung länger als 14 Tage ertragen wurde, während welcher Zeit bei normalen Ausgaben der ganze Körper 2mal hätte aufgebraucht werden können. Im Ganzen hat man bemerkt, daß ein Säugethier dem Hungertode erliegt, wenn es etwa ²/₅ seines Körpergewichtes verloren hat, daß aber junge Thiere bei weitem früher

erliegen, als erwachsene. Hunde von 4 Tagen starben schon nach 2 Tagen am Hungertode, während sechsjährige Hunde noch am 30. Tage lebten. Bei einer Vergleichung des Verlustes der verschiedenen Organe durch den Hungertod fand sich das merkwürdige Resultat: daß das Fett fast gänzlich bis auf sehr geringe Spuren aufgezehrt wird, das Centralnervensystem dagegen, obgleich wesentlich aus Fett bestehend, den allergeringsten Verlust erleidet, selbst weniger als Knochen und Knorpel, die doch dem ersten Anschein nach einen bedeutenderen Widerstand entgegensetzen mußten. Sehr leicht begreiflich ist es, daß diejenigen Organe, welche mit Blut besonders aufgeschwemmt sind, wie Leber, Milz, und auch das Blut selbst, durch Verdunstung und Verringerung der Blutmasse einen wesentlichen Verlust erleiden, während Nieren und Lungen, die ihrer Funktion gemäß beständig durchtränkt sind, weit geringere Verluste erdulden. Die Muskeln stehen etwa in der Mitte; sie verlieren bis zum völligen Hungertode nicht ganz die Hälfte ihres Gewichtes.

Es geht aus diesen Untersuchungen klar hervor, daß der Lebensprozeß des Organismus zugleich ein beständiger Zerstörungsprozeß ist, und daß das thierische Leben nur möglich ist durch die Zufuhr von Außen. Das ganze Leben beruht nur auf der Außenwelt — die vegetative Seite auf der Zufuhr von Außen, die animalische auf den Eindrücken von Außen — weder auf materiellem, noch auf geistigem Gebiete (wenn man beide unstatthafter Weise trennen will) schafft das organische Leben etwas Neues, sondern wandelt nur das Gebotene und Aufgenommene in neue Form. Die Maschine eines jeden thierischen Organismus ist so eingerichtet, daß sie sich selbst beständig zerstört, und eben so gut wie das Leben zu Grunde gehen muß, wenn die durch den Stoffwechsel geschaffenen Zerstörungsprodukte nicht aus dem Körper geschafft werden; eben so gut geht es auch zu Grunde, wenn ihm die Stoffe nicht geboten werden, die das Zersetzte wieder zu erneuern im Stande sind. Darum kann es auch nicht auffallen, wenn jede einseitige Nahrung, die nicht im Stande ist, sämmtlichen Ausgaben des Körpers zu

genügen, eben so sicher zum Tode führt, als die Entziehung der Nahrung selbst. Man hat den Versuch gemacht, Tauben so zu ernähren, daß ihnen zwar alle Stoffe geboten wurden, welche zur Erhaltung der organischen Bestandtheile ihres Körpers nöthig waren, daß aber alle anorganischen Substanzen, Salze, Kalk u. s. w. gänzlich aus dieser Nahrung entfernt waren. Die Tauben starben, freilich nach verhältnißmäßig längerer Zeit, mit allen Erscheinungen des Hungertodes, und nach dem Tode fand man ihr Skelett knorpelig erweicht, stellenweise durchlöchert, seiner festen Bestandtheile theilweise beraubt. Hunde, die man mit reinem Faserstoffe oder reinem Eiweiß nährte, starben am Hungertode, der freilich deßwegen länger hinausgeschoben wurde, weil das im Organismus befindliche aufgehäufte Fett, das nach und nach in den Verbrauch gezogen wurde, die mangelnde Zufuhr von Fettbildnern eine Zeit lang ersetzte. Hunde endlich, die mit reinem Fett, mit Stärke, Zucker, Gummi, oder andern Fettbildnern ernährt wurden, starben ganz in derselben Zeit, wie wenn man ihnen alle Nahrung entzogen hätte. Ein Beispiel dieser Art ist auch von dem Menschen bekannt. Der englische Arzt Stark machte Versuche über die Nährkraft des Zuckers an sich selbst, und es gelang ihm, sich durch reine Zuckernahrung so weit dem Tode entgegen zu führen, daß, als sein Zustand bekannt wurde, keine Rettung mehr möglich war.

Aus diesen Beobachtungen schon geht hervor, daß der Körper verschiedenartige Stoffe erhalten muß, deren Gesammtmenge gewissermaßen die Gesammtzusammensetzung des Körpers wiederholen muß, in der Weise, daß bei gleich bleibendem Körpergewichte die Ausgaben durch die Einnahmen gedeckt werden. Könnten wir diesen Ersatz so einrichten, daß gerade diejenigen Gewebe, die wir verbrauchen, uns in derselben Menge geboten würden, und zwar in aneignungsfähigem Zustande — keine Frage, daß das Leben des Individuums unendlich dauern müßte. Der Grund des nothwendigen Todes liegt in der steten Selbstzerstörung des Organismus, dessen Verluste wir nicht unmittelbar und in geeigneter Weise ersetzen können, in keinem inneren

Verhältnisse. Es kann demnach auch keine Frage sein, daß bei annähernd richtigem Ersatze des Verlustes die Lebensdauer des Individuums nicht nur, sondern auch die mittlere Lebensdauer der menschlichen Gesellschaft überhaupt verlängert werden könne — daß also Verbesserung des materiellen Zustandes, der Volksernährung, auch das Leben des Volkes im Ganzen kräftigen und verlängern müsse. Um aber zu einer Lösung der so gestellten Frage zu gelangen, von welcher in letzter Instanz Wohl und Wehe der ganzen menschlichen Gesellschaft abhängt, muß man dieselbe in ihre Elemente zerlegen. Man mußte sich die Frage stellen, welches denn die Stoffe seien, die aus dem Körper als letzte Produkte des Stoffwechsels ausgeführt werden, in welcher Quantität diese Stoffe den Körper verlassen und welche Menge davon es zum Ersatze dieses Verlustes bedürfe. Man mußte sich nun sagen, daß allerdings das Endresultat aller chemischen Operationen im Körper darin bestehe, daß neben einer gewissen Quantität von Kohlensäure nnd Wasser als letzter Verbrennungsprodukte eine stickstoffreiche Substanz, der Harnstoff, abgeschieden werde, und daß somit die sämmtlichen Ernährungserscheinungen zuletzt darin ihr Ende finden, daß eine gewisse Quantität des eingeführten Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrannt, eine geringere verhältnißmäßige Menge aber mit der ganzen Menge des Stickstoffes in Form von Harnstoff ausgeschieden werde. Die Menge der abgesonderten Kohlensäure, Wasser und Harnstoff war also in letzter Potenz das Maß des Stoffwechsels und das Maß der Nothwendigkeit für die Einführung einer entsprechenden Menge von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Da nun der Harnstoff stets genau dieselbe Zusammensetzung hat und offenbar ein Produkt des Umsatzes der blutbildenden Stoffe ist, so glaubte man weiter schließen zu dürfen, daß der Stickstoffgehalt der Ausscheidungen überhaupt den Maßstab für die Stoffumsetzung der blutbildenden Bestandtheile des Körpers gebe, und daß demnach der Werth der Einfuhr für die Ernährung der größeren Masse des Körpers,

die ja aus eiweißartigen Körpern zusammengesetzt ist, nach dem Gehalte an Stickstoff berechnet werden könne.

Man hat dieser Betrachtungsweise mit Recht vorgeworfen, daß sie auf ganz falschen Grundlagen basirt sei, und daß man namentlich daraus keinen Rückschluß auf die im Körper stattfindenden Vorgänge machen könne. Man kann keine Vorstellungen haben von den Arbeiten, die in einem chemischen Laboratorium vorgenommen werden, sagte man, wenn man auch weiß, wie viel Pfunde Wasser, Schwefelsäure, Kohle, Pottasche, Kalk, durch die Thüre eingetragen, und wie viel Pfunde Kohlensäure und Wasser durch den Schornstein, wie viel an Wasser und anderen Stoffen durch das Kehrichtfaß entleert werden. Dies ist vollkommen richtig, aber nichts desto weniger haben Betrachtungen dieser Art dennoch einen gewissen Werth, wenn sie sich auf ein Laboratorium beziehen, das nur bestimmte Produkte liefert und nur bestimmte Produkte verarbeitet. Der Chemiker, der einer Schwefelsäurefabrik vorsteht, giebt sich vollkommene Rechenschaft über den Gang derselben, wenn er weiß, wie viel Schwefel, Salpeter und Brennmaterial verbraucht und wie viel Schwefelsäure erzeugt wurde. Wir haben aber aus der Betrachtung der Nahrungsmittel gesehen, daß der Körper im Ganzen nur mit wenigen Stoffen arbeitet, die ihm in den Nahrungsmitteln geboten werden, und daß er ebenso nur wenig, in ihrer Zusammensetzung stets gleich bleibende, Substanzen ausscheidet. Wenn zwei als Nahrung angebotene Substanzen denselben Blutbildner enthalten, so wird ihr Stickstoffgehalt proportional sein der Menge dieses Blutbildners, und demnach auch im Verhältniß stehen zu dem Werthe, welchen sie für die Ernährung der eiweißartigen Stoffe des Körpers haben.

Es ist indeß vollkommen richtig, daß dem Nahrungsbedürfnisse nur selten Stoffe dieser Art angeboten werden, sondern verschiedenartig zusammengesetzte Substanzen, noch obenein in sehr verschiedenen Graden der Löslichkeit, die ein wesentliches Moment für den Werth eines Nahrungsmittels überhaupt giebt. Frisches Buchenholz enthält fast genau die nämliche Menge von

Eiweißstoffen und blutbildenden Bestandtheilen, als Reis, und es wird dennoch keinem vernünftigen Menschen einfallen wollen, Reisbrei durch geraspeltes Buchenholz zu ersetzen. In dem einen sind die Bestandtheile leicht löslich, in dem andern durch Umhüllung mittelst Holzfaser gänzlich unlöslich. Deßhalb bestanden wir auch bei der Untersuchung über die Nahrungsmittel zu wiederholten Malen auf der Nothwendigkeit der Zuführung gemischter Nahrungsmittel, bestimmter Gruppen, welche in dem Körper durch verschiedene Metamorphosen ihrem endlichen Ziele entgegen geführt werden. Alle diese einzelnen Veränderungen umfaßt der Ernährungsprozeß im Ganzen. Er resumirt gewissermaßen die ganze vegetative Seite des thierischen Lebens, und wenn wir ein Bild desselben aufzurollen versuchen, so setzt sich dieses aus den einzelnen Thatsachen zusammen, deren wir oben erwähnten.

Eine der ersten Fragen, die sich aufwirft, ist die: Giebt es Substanzen, welche, wenn gleich in die Cirkulation aufgenommen, dennoch nicht zum Ersatz verbrauchter Körperbestandtheile verwendet, sondern durch unmittelbare Verbrennung aus dem Körper wieder ausgeschieden werden? Man könnte sich den Körper des Erwachsenen als eine gegebene Masse von bestimmter Zusammensetzung und Gewicht vorstellen, welche den zerstörenden Einflüssen der Außenwelt, und besonders der Oxydation durch den Sauerstoff der eingeathmeten Luft, entzogen werden soll. Wäre diese Körpersubstanz etwas unwandelbar Gegebenes, Unveränderliches, so könnte der Zweck nur dadurch erreicht werden, daß man überall die Gewebe vor dem Einflusse des einwirkenden Sauerstoffes schützte, indem man diesen vorher durch Zuführung fremder Stoffe bände. Alle eingeführten Nahrungsmittel wären, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, Athemmittel oder, besser gesagt, Ausgabenmittel, d. h. Substanzen, bestimmt die Ausgaben des Körpers zu decken, ohne daß der Capitalstock der vorhandenen Körpersubstanz angegriffen würde.

Man sieht auf den ersten Blick, daß eine solche Ansicht der Natur nicht entsprechen würde; daß vielmehr die eingenom-

menen Substanzen, wenigstens ihrem größten Theile nach, zum Wiederaufbau der zerstörten Körpersubstanz benutzt werden müssen; daß demnach die tägliche Einfuhr nicht der gleichzeitigen Ausgabe entspricht, sondern, um mich des Bildes weiter zu bedienen, eine Zeit lang in Cassa bleibt, bis eine spätere Ausgabe aus ihr hervorgeht. Nichts desto weniger ist es dennoch wahrscheinlich, daß ein kleiner Bruchtheil der eingenommenen Substanzen unmittelbar, ohne zum Wiederaufbau der Gewebe benutzt zu werden, durch Verbrennung wieder ausgestoßen wird. Wir erwähnten oben der exceptionellen Stellung der Leber, aus der uns der Schluß hervorging, daß ein Theil der Galle in der Leber selbst gebildet werde. Wir erwähnten besonders noch der Zuckerbildung, deren Sitz die Leber ist, und wir zeigten, daß dieser Zucker, den die Lebervenen in den allgemeinen Blutstrom überführen, in der Lunge wieder verschwindet. Diese Thatsachen bieten offenbar einen sicheren Haltpunkt und weisen auf das Ueberzeugendste nach, daß ein gewisser Bruchtheil der eingenommenen Substanzen, ohne eine Zwischenformung in den Geweben durchzumachen, eine rein chemische Metamorphose in dem Kreislaufe erleidet und nach dieser Metamorphose ausgeschieden wird. Wahrscheinlich ist es, daß bei Pflanzenkost und gemischter Nahrung diese chemische Umwandlung nur die mit dem Zucker zunächst verwandten Stoffe, die stärkemehlartigen Substanzen, betrifft. Da aber auch bei reiner Fleischnahrung die Zuckerbildung in der Leber stattfindet, so ist es klar, daß auch eiweißhaltige Substanzen in solcher Weise als Schutzmittel gegen den Eingriff des Sauerstoffes verwendet werden können. Leider besitzen wir noch kein Maß, um die Menge des auf diese Weise unmittelbar bereiteten Zuckers, also den Bruchtheil der als Schutzmittel verwendeten Nahrung, bestimmen zu können. Und wenn man auch behaupten könnte, daß die Menge der abgesonderten Galle ein solches Maß zu liefern im Stande sei, so müßte doch eine solche Behauptung genauer erhärtet werden. Es ist wahrscheinlich, daß im gesunden Zustande dieses Maß ein bestimmtes ist, welches im Verhältniß zu der Körpermasse steht und nur geringen

Schwankungen unterworfen ist. Jedenfalls bildet es aber nur einen kleinen Theil des wirklichen Umsatzes der eingenommenen Nahrungsmittel, während der größte Theil derselben zum Wiederaufbau der abgenutzten Körpersubstanz verwendet, und, wenn Ueberschuß vorhanden ist, als Reservefonds besonders in der Gestalt von Fett niedergelegt wird.

Schon oben machten wir darauf aufmerksam, daß in allen Flüssigkeiten des Körpers, in allen festen Bestandtheilen desselben auch dann noch Fett enthalten ist, wenn dasselbe nicht in besonderer Form nachweisbar ist. Dieses chemisch gebundene Fett, welches einen integrirenden Bestandtheil speziell morphologisch ausgebildeter Gewebe macht, bildet natürlich eine constante Größe, die im Verhältniß zu der Masse dieser Gewebe steht, und die, wie wir aus den Resultaten der Versuche über das Verhungern sahen, mit äußerster Hartnäckigkeit der Verzehrung widersteht. Anders verhält es sich mit demjenigen Fette, welches in eigener Form, in Gestalt von Bläschen, die mit Zellhüllen umgeben sind, in den Zwischenräumen der Gewebe und namentlich unter der Haut, in dem Gekröse und den Netzen, sowie zwischen den Muskeln abgelagert ist. Die Menge dieses Fettes bildet eine äußerst variable Größe. Sie steigt mit dem übermäßigen Gebrauche fettbildender Nahrungsmittel und sinkt wieder bei mangelnder Einnahme. Die Abmagerung, mag sie nun durch Hunger oder durch andere Ursachen bewirkt werden, betrifft immer zuerst diesen Reservefonds, welcher bis auf die Neige verzehrt wird, während die anderen Gewebe in weit geringerem Grade angegriffen werden. Nichts desto weniger bleibt auch hier stets ein kleiner Rest und zwar an solchen Stellen, wo dieses frei angehäufte Fett eine nothwendige Bedingung der Funktion ist, wie z. B. in der Augenhöhle, wo die Bewegungen des Augapfels ohne das vorhandene Fettpolster nicht Statt finden könnten. Der größte Theil des Fettes aber wird ohne Zweifel unmittelbar verbraunt und in Form von Kohlensäure und Wasser nach Außen geführt.

Betrachtet man die Ausgaben eines hungernden Thieres, so sieht man leicht, daß dieselben nicht einzig durch Verzehrung des aufgespeicherten Fettes gedeckt werden können. Die Ausscheidung einer bestimmten Quantität Harnstoff, der nothwendig das Resultat der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen sein muß, dauert auch bei dem Hungern beständig fort. Es muß somit beständig eine gewisse Menge stickstoffhaltiger Substanzen des Körpers zersetzt werden. Das Maß dieser Zersetzung bleibt sich in den ersten Tagen des Hungers ziemlich gleich, und hierauf gestützt hat man eine Unterscheidung zwischen derjenigen Menge von Nahrungsstoffen, welche zur Deckung des Verlustes beim Hungern nöthig ist, und derjenigen, die darüber hinaus aufgenommen wird, versucht. Man hat diese letztere Menge von Nahrungsmitteln, die über den zur Deckung des Verlustes beim Hungern nothwendigen Verbrauch hinausgehen, den Luxusverbrauch genannt. Es giebt aber kein Thier, bei welchem nicht ein Luxusverbrauch in diesem Sinne stattfände. Und es wäre doch wahrlich der Begriff des Luxus zu weit ausgedehnt, wenn man behaupten wollte, daß der Proletarier bei der unzureichenden und unzweckmäßig gemischten Nahrung, die er sich mit größter Mühe verschafft, auch noch obendrein dem Luxus huldige. Denn besser würde es sein, nur denjenigen Verbrauch als Luxusverbrauch zu bezeichnen, der entweder zum Aufspeichern des Reservefonds von Fett in dem Körper dient, oder aber in den Verdauungsorganen nicht bewältigt und unverarbeitet abgeschieden wird. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die reicheren Schichten der menschlichen Gesellschaft nicht nur mehr consumiren, als sie zum Ersatz ihres Stoffwechsels nöthig hätten, mehr, als sie in Form von Fett aufspeichern können, sondern daß sie auch überhaupt mehr einnehmen, als die Verdauungsorgane zu bewältigen im Stande sind. Da nun dieses Mehr auch die stickstoffhaltigen Bestandtheile ihrer Nahrung beschlägt, so ist der Koth solcher Luxusconsumenten gewiß weit reicher an Stickstoff, als derjenige der ärmeren Klassen, die mit größtem Aufwande an Verdauungskraft aus Kartoffeln, Rüben und ähnlichem Zeuge

die wenigen blutbildenden Substanzen ausziehen müssen, die darin enthalten sind. Wenn auch vergleichende chemische Untersuchungen in dieser Hinsicht fehlen, so hat doch die Praxis in denjenigen Ländern, in welchen der Menschenkoth fast alleiniges Düngungsmittel ist, das Richtige zu finden gewußt. So pflegen in Nizza die Ackerbauer den Inhalt der Abtrittsgruben zu kaufen, deren Werth man nach der Zahl der Hausbewohner berechnet. Der Inhalt der Kasernenabtritte wird aber durchschnittlich nur halb so theuer bezahlt, als derjenige der Häuser, die von den reichen Fremden bewohnt sind. Für einen Soldaten, dessen Koth fast nur stickstofflose Substanzen enthält, zahlt der Bauer eine jährliche Rente von 4 bis 5 Franken an den Grubenbesitzer, für einen fremden Luxusconsumenten hingegen, der eine Menge Stickstoff unbenutzt durch seinen Körper hindurchjagt, findet man 8 bis 10 Franken nicht zu viel.

Will man die in dem Körper vor sich gehenden Metamorphosen verfolgen, so müssen zwei verschiedene Untersuchungsmethoden mit einander Hand in Hand gehen. Einerseits die chemische, welche die Umsetzung der Stoffe an sich verfolgt und nachzuweisen versucht, durch welche Zwischenstufen z. B. das Eiweiß durchgehen müsse, das sich vielleicht bei dem Verbrauch innerhalb des Körpers zuerst in Harnstoff und Gallenbestandtheile spaltet, und dann durch Verbrennung der letzteren auch zu dem Athemprozesse sein Contingent liefert. Durch Berechnung aus der Gallenmenge, die in 24 Stunden ergossen wird, hat man gefunden, daß etwa 5 Prozent der Ausgaben von Stoffen herrühren, welche in der angegebenen Weise eine Zwischenmetamorphose in der Leber erfahren, und daß dieser Zwischenkreislauf durch die Leber hauptsächlich die kohlenstoffhaltigen Substanzen, sowie den Schwefel der eiweißstoffigen betrifft, während die übrigen 95 Prozent durch direkten Stoffwechsel innerhalb des Bereiches des großen Kreislaufes ihrem Endziele entgegen geführt werden. Die Feststellung der Zwischenstufen aber, welche die chemischen Körper durchlaufen, ist eine wesentliche Aufgabe der heutigen physiologischen Chemie, und deßhalb

besonders erschwert, weil dieselbe in mikroskopischen Formelementen vor sich geht, und Stoffe erzeugt, deren Reaktionen zu unsicher sind, um in solchen kleinen Mengen gehörig erkannt werden zu können. Es würde uns zu weit führen, wollten wir auf diejenigen chemischen Metamorphosen näher eingehen, die bis jetzt untersucht und gekannt sind, zumal da noch viele Lücken in dieser Kenntniß aus dem angegebenen Grunde sich finden.

Viele Schwierigkeiten stellen sich auch der Erkenntniß der Umbildung in den Formelementen des Körpers entgegen. Die Deutung der einzelnen Gestaltänderungen, welche man an diesen Formelementen bemerkt, ist meist zweifelhaft, da man oft nicht weiß, ob sie der Neubildung oder dem Zerfallen angehören. Die Veränderungen selbst sind oft so gering, daß man nicht sicher ist, ob sie durch den Lebensprozeß selbst, oder durch die Behandlung des Gegenstandes erzeugt sind.

Man glaubte in den festen Organen des Körpers, in den Knochen und Zähnen, ein Mittel gefunden zu haben, der Ernährung Schritt für Schritt nachzugehen. Man hatte beobachtet, daß nach Fütterung mit Krapp und Färberröthe die Knochen, besonders junger Thiere, sich mehr oder minder intensiv roth färbten. Fütterte man nun abwechselnd mit der Nahrung während einiger Zeit Krapp und ließ nachher denselben weg, so fand man auf Durchschnitten der Knochen abwechselnd rothe und weiße Ringe, die den einzelnen Fütterungsperioden entsprachen. Diese Schichten sollten allmählich von Außen, von der Beinhaut aus, nach Innen gegen die Markhöhle rücken und dort verschwinden. Diese Wanderung sollte nach der Meinung einiger Forscher den besten Beweis dafür ablegen, daß die Knochenelemente in einem beständigen Umsatze sich befänden, durch welchen von der Beinhaut aus stets neue Schichten abgesetzt würden, während von der Markhöhle aus eine beständige Auffaugung einwirke. Bei der Umlegung von Platindrähten oder Plättchen, die man zwischen die Beinhaut und den Knochen schob, fand man ein ähnliches Resultat. Diese Körper wanderten allmählich von der Außenseite des Knochens nach Innen und gelangten

zuletzt in die Markhöhle, ohne daß man eine Verdickung des Knochens bemerkt hätte. Wären die Verhältnisse so einfach, wie die ersten Versuche sie darzustellen schienen, so hätte man allerdings hier ein genaues Zeitmaß für den Stoffwechsel in den Festgebilden sich verschaffen können. Man mußte sich aber bald überzeugen, daß die rothe Färbung der Knochen daher rühre, daß der in dem Blute kreisende Farbestoff mit dem phosphorsauren Kalke der Knochen eine schwer lösliche Verbindung eingeht, die allmählich bei dem Aufhören der Krappfütterung von dem Blute wieder ausgewaschen wurde, ohne daß das Knochengewebe selbst bei diesem Prozesse eine sichtbare Aenderung erleide. Diese Auswaschung mußte natürlich am stärksten da stattfinden, wo das meiste Blut cirkulirte, ebenso wie auch der Absatz in den blutreichen Stellen der Knochen am stärksten sein mußte, und da dieses in der Nähe der Beinhaut der Fall ist, so wurde die Schichtenbildung ganz einfach durch den abwechselnden Absatz und die Wegschwemmung des Farbestoffes bedingt. Das Knochengewebe selbst aber erschien in seinen Formelementen nur äußerst wenig wandelbar, und aus den schon erwähnten Fütterungsversuchen mit Substanzen, die keine Aschenbestandtheile enthalten, geht deutlich hervor, daß der Umsatz in ihm nur sehr gering ist und verhältnißmäßig langer Zeiträume bedarf.

So ward man denn wieder auf die weichen Theile hingewiesen, an denen freilich einen bestimmten Maßstab herzustellen nicht leicht war. Von vorneherein muß man sich sagen, daß in dem Blute, welches allen Umsatz vermittelt, auch in der That der stärkste Umsatz stattfinden müsse, und es war wahrscheinlich, daß die Blutkörperchen keine unveränderlichen Größen, sondern einem beständigen Prozesse der Umbildung unterworfen seien. Man sah in der Lymphe mit dem Aufsteigen durch den Milchbrustgang und dem Annähern an die Blutbahn selbst die Körperchen stets mehr sich röthen und den Blutkörperchen ähnlich werden. Man glaubte in den Blutkörperchen selbst manche Vorgänge zu sehen, die man auf ein allmähliches Zerfallen derselben zu deuten suchte. Man glaubte endlich in der Leber und

in der Milz die Organe gefunden zu haben, in welchen die Einen, wie sie sich auszudrücken beliebten, die Blutkörperchen massenhaft zu Grunde gehen ließen, während Andere wieder dieselben Erscheinungen, die man als den Todesprozeß der Blutkörperchen auffaßte, in umgekehrter Reihenfolge als die verschiedenen Momente ihrer Entstehung deuteten. Bei der Kleinheit der menschlichen Blutkörperchen und ihrer großen Empfindlichkeit gegen Reagentien konnte man über solche Punkte lange streiten, ohne ins Reine zu kommen. Aber ein Resultat mußte doch gefunden werden, denn man hatte sich auf das Deutlichste durch Zählungen überzeugt, daß in der That der Regenerationsprozeß der Blutkörperchen mit der Nahrungsaufnahme gleichen Schritt halte. Drei bis vier Stunden nach dem Mittagsmahle fand man die höchste Verhältnißzahl, sechs bis sieben farblose Lymphkörperchen auf je 2000 Blutkörperchen. Nach geschehener Verdauung nahm die Zahl ab, und endlich etwa 12 Stunden nach dem Essen fand man nur fünf farblose Lymphkörperchen im Verhältniß zu derselben Zahl von Blutkörperchen.

Neuere Untersuchungen an Fröschen, bei denen die Elemente des Blutes ihrer bedeutenderen Größe wegen ein leichteres Objekt bieten, haben zur Lösung dieser Frage wesentlich beigetragen. Wir erwähnten schon oben, daß man bei Fröschen trotz der Wegnahme von Leber und Milz das Leben Wochen lang erhalten könne, und daß nach dieser Operation der Kohlensäureertrag der Athmung um ein Bedeutendes sinke, die Rückbildung und Verbrennung der Gewebe also durch die Existenz der Leber und Milz begünstigt werde. Man fand nun, daß bei solchen entleberten Fröschen der Verlust der Leber eine außerordentliche Vermehrung der farblosen und mithin eine beträchtliche Verminderung der farbigen Blutkörperchen nach sich ziehe. Frösche, die zugleich der Milz und der Leber beraubt sind, besitzen ungleich mehr farblose Blutkörperchen im Verhältniß zu den farbigen, als unversehrte. Das Verhältniß stellt sich bei den entleberten und entmilzten Fröschen wie 1 : 4, bei den gesunden wie 1 : 8, und bei Fröschen, denen man nur die Leber weg-

genommen hat, wie 2 : 5. Es geht hieraus auf das Deutlichste hervor, daß in der Leber ein bedeutender Umwandlungsprozeß der Blutkörperchen stattfindet, indem dort die farblosen Körperchen in farbige übergehen. Auch diesen Prozeß hat derselbe genaue Beobachter hinsichtlich der Formenentwickelung genauer verfolgt. Die farblosen Blutkörperchen des Frosches sind rund, schwach körnig, mit einem schärfer gekörnten runden Kerne versehen. Nach mancherlei oft bizarren Gestaltsveränderungen werden sie mehr länglich, der Kern zerfällt, bildet einzelne tropfenähnliche Körner, die nach und nach verschwinden, während die Zelle selbst sich allmählich roth färbt. Bemerkenswerth ist es, daß dieser Prozeß der Formbildung ganz in ähnlicher Weise sich bei der Froschlarve wiederholt, und die Ausbildung der Blutkörperchen aus ursprünglichen Embryonalzellen ganz dieselben Stufen durchläuft.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf diejenigen Erscheinungen näher eingehen, welche, in den übrigen Formelementen des Körpers auftretend, auf einen steten Wechsel derselben schließen lassen. Wir müssen offen gestehen, daß die Beobachtung in dieser Hinsicht bis jetzt nur sehr wenige Resultate geliefert hat, und daß wir so auch trotz des Mikroskopes hier noch vor einem ganzen Cyklus von Metamorphosen stehen, von welchen uns vor der Hand nur die Endresultate bekannt sind. Wenn ein Chemiker gesagt hat, daß wir die Erscheinungen des Zerfallens der organischen Substanzen mit weit leichterer Mühe verfolgen können, als diejenigen des Aufbaues, so müssen wir von unseren anatomischen Hülfsmitteln bekennen, daß wir zwar die gegebene Form durch sie leicht erkennen können, daß uns aber große Schwierigkeiten entgegen stehen, wenn wir den Aufbau, noch größere, wenn wir den Zerfall der Organe uns klar machen wollen.

Neunter Brief.

Die thierische Wärme.

Linné hat in seiner Eintheilung der höheren Thiere hauptsächlich auf einen Charakter Rücksicht genommen, der jedem Kinde bekannt ist, nämlich auf die Wärme des Blutes, und danach zwei Hauptgruppen: warmblütige und kaltblütige Thiere, aufgestellt. Der unangenehme Eindruck, den wir empfinden, wenn wir die Haut eines Frosches oder Fisches berühren, der Widerwillen, den viele Personen gegen die Annäherung eines solchen Thieres zeigen, ist tief begründet in der Aehnlichkeit ihrer Temperatur mit der eines Leichnames. In den todten Körpern der Menschen, der Säugethiere, ist ebenfalls die Wärme geschwunden, welche das Resultat des Lebens war, und in dem lebenden Reptil, Lurch oder Fisch findet zwar während des Lebens eine Wärmeentwickelung Statt, die aber so schwach ist, daß sie unsere Hand nicht mehr fühlt. Es deutet dies auf einen bedeutenden Unterschied in dem Lebensprozesse der Wirbelthiere hin; denn die Produktion der Wärme ist nichts Zufälliges, sie ist auf das Innigste mit dem Leben verbunden und bei den höheren Thieren eines der wesentlichsten Resultate des Lebensprozesses. Gerade darum aber, weil diese Wärme eben nur als eines der letzten Resultate auftritt und mit allen einzelnen Phänomenen dieses Prozesses in Verbindung zu stehen scheint, eben deßhalb ist auch ihre Erzeugung einer der dunkelsten Punkte in der Physiologie. Man kann kaum einen Eingriff in die

geringste Funktion des Körpers wagen, kaum eine Aenderung dieses oder jenes scheinbar vereinzelten Phänomens beobachten, ohne zugleich eine Veränderung des Wärmegrades eines einzelnen Theiles oder des Gesammtkörpers wahrzunehmen. Man hat nun, wie es scheinen will, viel zu häufig den Fehler begangen, je nachdem man diese oder jene Quelle der Wärme entdeckte, dieser auch allein die Produktion derselben zuzuschreiben, und nur zu oft den Erfahrungssatz außer Augen gelassen, nach welchem gleiche Ursachen auch gleiche Wirkungen bedingen, nie aber gleiche Wirkungen auch auf gleiche Ursachen schließen lassen. Das Holz geräth ins Brennen, ob man es nun nach der früheren Weise civilisirter Nationen mit einem in Schwefel getauchten Zündhölzchen, oder nach Art der Wilden durch heftiges Reiben in Flammen setze; der chemische Prozeß, wie der mechanische Effekt, so verschieden sie auch in sich sein mögen, haben durchaus dieselbe Wirkung —; wäre es nicht thöricht, behaupten zu wollen, daß man nur mittelst Zündhölzchen anbrennen könne? — Man kann nicht läugnen, daß die Physiologen oft in diesen Fehler gefallen sind; der Eine, der durch Muskelbewegung Wärme erzeugt werden sah, wollte dem Andern nicht glauben, der den chemischen Umwandlungen im Körper ebenfalls exclusiv die Wärmeerzeugung zuschrieb. Ein vernünftiger Vergleich beider streitenden Partheien, wo jede ein Weniges nachgelassen hätte, würde vielleicht den Streit zu Ende gebracht haben.

Man mißt die Temperatur des thierischen Körpers überhaupt meist an Orten, wo die Thermometerkugel in Oeffnungen eingeführt werden kann. So meistens im Munde unter der Zunge, im After, in der Achselhöhle u. s. w. Die mittlere Temperatur eines Erwachsenen an diesen Stellen beträgt etwa 37,2 Grade des hunderttheiligen Thermometers, oder 29,8 des Réaumur'schen, während an freien Hautstellen diese Temperatur um einige Grade sinkt, und im Durchschnitte nur 34,1 Celsius oder 27,3 Réaumur beträgt.

Messungen der verschiedenen Körpertheile ergeben ein Resultat, welches mit den Schlüssen, die man a priori machen könnte,

vollkommen im Einklang steht. Es ist begreiflich, daß Theile des Körpers, welche eine größere Oberfläche darbieten, aus denen mithin mehr Wärme ausstrahlen kann, sich schneller abkühlen, als andere, die nur eine sehr geringe Oberfläche besitzen. Im Allgemeinen sind noch die einzelnen Theile in der Beziehung vortheilhaft gebaut, daß sie mehr oder minder regelmäßige Cylinder darstellen, wie der Rumpf, die Arme und Beine, oder selbst Formen, welche derjenigen der Kugel nahe kommen, mithin bei größtem Rauminhalte die kleinste Oberfläche darbieten. Nichts desto weniger ist der Wärmeverlust, den die Enden der Extremitäten, die Finger, Zehen, Hände und Füße erleiden, so bedeutend, daß an der Fußsohle z. B. die Temperatur nur 32°,3 C. beträgt. Einen Schutz gegen solchen Verlust verschafft uns die Bedeckung mittelst schlecht leitender Körper, wie Wolle, Federn, Haare u. s. w. Alle diese Stoffe zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, daß die Wärme sie nur sehr schwer durchdringt, aber auch eben so schwer von ihnen mitgetheilt wird. Ein Stück Metall, das an dem einen Ende glühend ist, kann nicht ohne Schaden an dem anderen Ende angefaßt werden; ein Holzbrand dagegen, der unten brennt, zeigt wenige Zolle davon kaum eine merkliche Erhöhung seiner Wärme.

Ein Metall aber kühlt sich schnell ab, giebt die Wärme, die es erhalten, eben so schnell ab, als es sie in seinem Innern weiter leitete, während ein schlechter Leiter sie eben so lange erhält, als er sie langsam in sich aufnimmt. In unseren Climaten, wo die mittlere Jahrestemperatur etwa um 20 Grade tiefer steht, als diejenige des Körpers, bedarf es mithin eines Schutzes, und diesen suchen wir ihm durch Kleider, Pelzwerk, Federdecken zu gewähren. Bei den Thieren, welche die nordischen und gemäßigten Klimate bewohnen, hat die Natur in ähnlicher Weise gesorgt. Die Fischsäugethiere ausgenommen, über deren Organisation und Lebensverhältnisse wir überhaupt nur sehr wenige Kenntnisse besitzen, sind alle Thiere der kälteren Zonen mit dichtem Pelz oder Federüberzügen versehen, deren Dichtigkeit bekanntlich im Winter um ein Bedeutendes zunimmt. Man

würde vergeblich außerhalb der warmen Zonen Thiere mit nackter, kahler Haut suchen, welche in der Nähe des Aequators so häufig vorkommen. Ich will damit keineswegs behaupten, daß die Natur den Thieren einzig nur deßhalb Federn und Haare auf dem Leibe wachsen lasse, um sie fein warm zu halten; es giebt an dem Aequator Thiere, die ein eben so schönes Pelzwerk besitzen als andere an den Polen, und neben Affen mit langen dichten Wollhaaren klettern andere in den Urwäldern Amerika's umher, die fast nackt sind.

Man hat bekanntlich viel von dem kälteren Blute der Nordländer, dem heißeren der Südländer gesprochen, und die Poeten namentlich haben dies Kapitel auf das Reichlichste ausgebeutet. Die Eifersucht, Rachsucht, kurz alle Triebe und Leidenschaften, welche bei einzelnen Völkern mehr oder minder ausgeprägt scheinen, werden auf Rechnung der Wärme des Blutes geschoben. Mit diesen physiologischen Eroberungen nicht zufrieden, ging ein Dichter aus der Zeit des Becker'schen Rheinliedes sogar so weit, auch die Farbe des Blutes bei den verschiedenen Raçen verschieden zu finden, und den Germanen blaues, den Franken rothes Blut zu vindiciren. Ich weiß nicht, ob sich diese Behauptung auf genauere Beobachtungen stützt; — was die Temperatur des Blutes betrifft, so kann man ziemlich dreist behaupten, daß solche Verschiedenheiten nicht existiren, und daß die kleinen Abweichungen, welche man bei den Völkern der entlegensten Zonen getroffen hat, nicht größer sind als die Verschiedenheiten, welche man bei einzelnen Individuen findet. Der Malaye, dessen wüthende Leidenschaften zum Sprüchwort geworden sind, zeigt keine größere Wärme des Blutes, als der geduldige Hottentotte, und wenn auch die Untersuchungen der Naturforscher über diesen Punkt noch nicht alle wünschenswerthe Ausdehnung erhalten haben, so darf man doch schon jetzt den Dichtern und Nationalökonomen den Rath geben, andere Gründe für die Charakterverschiedenheit der Raçen und Völker zu suchen.

Aus vielfachen vergleichenden Untersuchungen geht hervor, daß Männer und Weiber fast genau die gleiche Temperatur haben, indem bei den Frauen der geringere Stoffwechsel durch geringere Wärmeausstrahlung compensirt wird. Das Alter hat keine unbedeutenden Einflüsse auf die Wärme des Körpers. Unmittelbar bei der Geburt ist dieselbe am höchsten, sinkt aber schnell in den ersten Stunden, um sich, sobald einmal Athmung und Kreislauf vollständig hergestellt sind, etwa auf derselben Höhe bis zum Eintritt der Reife zu erhalten. Von dem zwanzigsten Jahre an sinkt die Wärme zwar nur sehr unbedeutend, doch allmählich bis etwa zu dem sechzigsten, wo ihr tiefster Stand Statt findet. Bei Greisen steigt sie wieder und zwar so sehr, daß sie das Maß des kindlichen Alters erreicht. Dies scheint freilich im Widerspruche zu stehen mit dem Sinken des Lebensprozesses überhaupt bei den Greisen. Man darf aber nicht vergessen, daß der Produktion der inneren Wärme durch einen äußeren Faktor, durch Ausstrahlung und Verdunstung auf der Haut entgegengearbeitet wird, und daß bei den Greisen die Haut stets welk, zusammengefallen, und die abkühlende Schweißbildung und Ausdünstung auf ein Minimum beschränkt ist. Periodische Schwankungen während des Tages finden allgemein Statt und scheinen selbst in gewissem Grade unabhängig von der Lebensweise. Merkwürdiger Weise sind diese täglichen Schwankungen größer, als die Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in verschiedenem Alter, denn sie betragen fast 1 Grad R., während der Unterschied zwischen der höchsten Temperatur zur Zeit der Reife im vierzehnten Jahre bis zum sechzigsten nicht ganz ½ Grad beträgt. Die Temperatur erhebt sich des Morgens nach dem Erwachen ziemlich schnell und erreicht ihren ersten Höhepunkt um die 11. Vormittagsstunde; sie sinkt in den darauf folgenden Stunden ein wenig, bis die Zeit des Mittagsbrodes den Ausgangspunkt eines neuen Ansteigens bildet, welches um die 6. bis 7. Nachmittagsstunde seinen Gipfel erreicht. Von diesem, welcher zugleich der Höhepunkt für den ganzen Tag ist, an, sinkt dann die Temperatur fast stetig während der Abend-

und Nachtstunden, und erreicht während des Schlafes um die 4. Nachmitternachtsstunde ihren niedrigsten Stand. Um mich eines verständlichen Bildes zu bedienen, macht also die Temperatur im Laufe des Tages eine doppelte Welle. Der Wellenberg der kleineren fällt in die 11., ihr Thal in die 2. Mittagsstunde; der Berg der größeren in die 6. Nachmittagsstunde, das Thal derselben in die 4. Nachmitternachtsstunde. Es stehen diese Schwankungen in dem genauesten Zusammenhange mit dem Pulse, dessen Häufigkeit ganz denselben gleichzeitigen Schwankungen unterliegt, und dadurch auch mit der Athmung, da, wie wir gesehen haben, die Häufigkeit der Athembewegungen stets in einem gewissen Verhältniß zu derjenigen des Pulses steht.

Die Temperaturverschiedenheiten der inneren Theile des Körpers können natürlich nicht bei lebenden Menschen untersucht werden, und auch bei Thieren sind bis jetzt nur wenige Versuche mit zuverlässiger Genauigkeit angestellt worden. Es ist zu beklagen, daß wir hier keine Thatsachen in großer Zahl besitzen, die freilich genau genug gesammelt sein müßten, um sehr kleine Verschiedenheiten von einem Zehntel und selbst einem Zwanzigstel Grad mit Sicherheit angeben zu können; solche Versuche würden mehr, als lange Seiten theoretischer Abhandlungen, auf sichere Schlüsse über den eigentlichen Ort der Wärmeerzeugung führen. Die bis jetzt bekannten Versuche ergeben nur sehr wenig Resultate. So soll das Blut der Halsschlagader beinahe um einen Grad höher temperirt sein, als dasjenige der Halsvene; Lunge und Leber ebenfalls um einen Grad höher, als Gehirn und Magen, und während einerseits die meisten Beobachter behaupteten, das linke Herz sei um einen halben bis ganzen Grad wärmer, als alle übrigen Körpertheile, fanden anderseits nicht minder glaubwürdige Beobachter das Blut der rechten Herzkammer um einen halben Grad wärmer, als das durch die Athmung abgekühlte Blut der linken Herzkammer. Ist diese letztere Beobachtung richtig, so dürfte es auch wahrscheinlich sein, daß das venöse Blut überhaupt etwas wärmer wäre, als das arterielle, das die Produkte des Umsatzes der

Gewebe noch nicht in sich aufgenommen hat. Die meisten Beobachter wollen aber gefunden haben, daß die Arterien um etwas mehr als einen halben Grad wärmer sind, als die sie begleitenden Venen, und Mancher schließt daraus gerade entgegengesetzt, daß das linke Herz eine Wärmequelle sei, von welcher aus das geheizte Arterienblut in alle Theile des Körpers ströme.

Die Athmung ist ohne Zweifel einer der wichtigsten Hebel zur Erzeugung der Wärme. In allen Fällen, wo die Athmung sinkt, wo die Athemzüge in längeren Intervallen folgen, nur kurz sind, und an Intensität, Tiefe und Schnelligkeit abnehmen, in allen diesen Fällen sinkt auch die Temperatur des Körpers rasch und oft selbst mit auffallender Schnelligkeit. Jeder hat wohl schon diese Beobachtung bei Individuen gemacht, welche in Ohnmacht fallen, wo die Athemzüge fast gänzlich verschwinden, der Herzschlag sich vermindert und eisige Kälte sich über den Körper verbreitet. Beiläufig gesagt, ist dadurch auch ein Mittel gegeben, eine wahre Ohnmacht von einer verstellten zu unterscheiden. Wir können zwar willkürlich den Athem einhalten und uns so gewöhnen, daß wir denselben nur unmerklich und in großen Intervallen schöpfen; allein willkürlich kalt zu werden ist noch keinem Menschenkinde gelungen; sogar den Frauen nicht, welche zuweilen in Darstellung künstlicher Ohnmachten eine anerkennenswerthe Virtuosität besitzen.

In weit ausgedehnterem Maße aber lassen sich diese Erscheinungen bei denjenigen Thieren beobachten, welche in Winterschlaf sinken. Ich habe selbst Gelegenheit gehabt, den kleinen Siebenschläfer, die sogenannte Haselmaus, in ihrem Schlafe zu beobachten, und genaue Untersuchungen darüber sind vor nicht langer Zeit von einem meiner Freunde veröffentlicht worden. Sobald das Thier schläft, so werden seine Athemzüge so selten und so sanft, daß es kaum möglich ist, sie zu beobachten; das Herz schlägt nur äußerst schwach und kaum fühlbar. Unmittelbar nach dem Einschlafen sinkt auch die Eigenwärme des Thieres, und zwar allmählich so tief, daß sie kaum ein Weniges über der Temperatur des umgebenden Raumes sich erhält. So bleibt

das Thier während seines Schlafes. Sobald es aber erwacht werden die Athemzüge häufiger, der Herzschlag rascher und in kurzer Zeit steigt die Wärme höher und höher, bis sie den Punkt erreicht, auf welchem sie sich beim wachenden Zustande stationär erhält. Ob das Thier unmittelbar vorher gefressen habe, oder nicht, hat auf die nachfolgenden Erscheinungen durchaus keinen Einfluß; seine Temperatur sinkt beim Einschlafen in durchaus ähnlicher Weise.

Der Einfluß der Respiration auf Entwickelung der Wärme ist demnach nicht zu verkennen; allein es fragt sich, ob derselbe unmittelbar ist, ob der chemische Prozeß der Athmung selbst Wärme bildet, oder ob vielmehr diese Funktion nur mittelbar wirkt, indem sie mit anderen Thätigkeiten des Körpers in die engste Verbindung tritt.

Es kann nicht geläugnet werden, daß in dem Körper eine Oxydation der durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe vor sich geht. Betrachten wir die in dem Darmkanal aufgenommenen Substanzen ihrer allgemeinsten Zusammensetzung nach, so stellt sich heraus, daß alle eine bestimmte Quantität Sauerstoff enthalten, nie aber eine so große Menge dieses Elementes, daß sie hinreichend wäre, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, der sich ebenfalls in den Nahrungsmitteln findet, vollständig zu verbrennen und in Kohlensäure und Wasser überzuführen. Auf der anderen Seite treten uns in den Auswurfsstoffen des Körpers, und namentlich in den gasförmigen Produkten der Respiration, diese zwei vollständig oxydirten Stoffe hauptsächlich entgegen; die Athmung liefert Kohlensäure und Wasser. Es muß demnach offenbar in dem Körper eine Verbrennung des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes auf Kosten des durch die Respiration zugeführten Sauerstoffes der Luft vor sich gehen, und daß Verbrennung Wärme entwickele, ist eine Thatsache, die nicht erst bewiesen zu werden braucht. Die erste Frage, welche hier gestellt werden muß, ist ohne Zweifel die: Genügt die auf die angegebene Weise entwickelte Wärmemenge, den Verlust, welchen der Körper beständig durch Ausstrahlen erleidet, zu decken?

Hat man sich diese Verhältnisse einmal klar gemacht, so
: man sich schon gewissermaßen die Frage beantwortet, an
lchen Ort denn der Heerd der Wärmeerzeugung hinzusetzen
. Die ältere Meinung, welche namentlich seit Lavoisier gäng
d gäbe geworden war, schien freilich die einfachste und unge-
ungenste. Nach dieser fand die Verbrennung in der Lunge
:att; das venöse Blut kreiste, mit verbrennlichen Stoffen ange-
lt, in der Lunge, trat dort in Wechselwirkung mit dem Sauer-
ff der Atmosphäre; was verbrennen konnte, verbrannte, und
s durch diesen Prozeß erhitzte arterielle Blut verbreitete sich
n in dem ganzen Körper, überall hin seine Wärme tragend
d vertheilend. Die Lungen waren demnach der thierische Ofen,
d wie in einem mit Wasserheizung versehenen Hause ver-
ilten sich die dort zusammenlaufenden Heizröhren nach allen
eilen des Körpers.

Manche Umstände jedoch ließen sich schwer mit dieser An-
hme vereinigen, und namentlich darf man unter diesen die
mperatur der Lungen selbst in Anschlag bringen. Die Hitze
ißte in diesen sehr groß, jedenfalls um einige Grad höher
n, als in den übrigen Theilen des Körpers. Die Erfahrung
it hier das Gegentheil; die Lungen sind nicht wärmer als
: Magen und alle anderen Eingeweide, welche in verschlosse-
ı, wohlgeschützten Räumen liegen. Man hätte die aus dieser
ıatsache abzuleitenden Schlußfolgerungen zwar noch umgehen
ınen; mit dem Augenblick aber, wo durch den Versuch nach-
viesen wurde, daß Thiere auch in anderen Gasarten als
ıuerstoff Kohlensäure ausathmen; daß die Kohlensäure in dem
ute schon existirt, ehe dieses nur in den Lungen ankommt
d daraus dargestellt werden kann; mit diesem Augenblick, sage
, mußte das ganze theoretische Gebäude fallen. Die Lungen
ınten nicht mehr das Organ sein, in welchem die Kohlensäure
ɔildet wird, und da der eben erwähnten Ansicht nach die Er-
ıgung dieses Oxydes die Ursache der Erwärmung des Körpers
ır, so mußte auch nothwendig der Ort, wo diese vor sich geht,
s den Lungen verlegt und anderen Organen vindicirt werden.

lung den wohlthätigsten Einfluß auf ihre moralische Seite haben könne!

Kehren wir indeß zu unserem Gegenstande zurück. Man hat sich vielfach abgemüht, nachzuweisen, daß die Verbrennung der Kohlenstoffmenge, welche in den Körper eingeführt wird, hinreiche, um die Entwickelung von Wärme in demselben und den steten Verlust durch Ausstrahlung und Verdunstung zu decken.

Man ging dabei von dem Satze aus, daß eine gewisse Menge Kohlenstoff dieselbe Quantität Wärme entwickeln müsse, ob er nun direkt verbrannt werde, oder durch mancherlei Zwischenstufen verschiedenartiger Verbindungen dem Endziele der Verbrennung entgegen geführt werde. Allein gerade dieser Fundamentalsatz wird durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt, während auf der anderen Seite die Quellen der Wärmeentstehung außerordentlich vermehrt werden durch die Erkenntniß, daß überhaupt gar kein Stoffumsatz, gar keine chemische Zersetzung, gar keine Bewegung der Moleküle stattfinden könne ohne gleichzeitige Entbindung von Wärme. Hat man dies einmal erkannt, so muß man einsehen, daß es unmöglich ist, auf experimentalem Wege das Maß der inneren Wärmeentwickelung im Körper anzugeben. Die Resultate der Ernährung, die wir erst in ihren Summen vor uns sehen, sind aus einer unendlichen Menge kleiner Pöstchen zusammengesetzt, deren Maß eben seiner Kleinheit wegen sich unseren Untersuchungsmitteln entzieht. Jedes Blutkörperchen, jedes Fäserchen, jedes Tröpfchen Flüssigkeit im Körper ist in beständiger Bewegung, in stetem Umtausche, in unausgesetzter Zerstörung und Neubildung begriffen. Jeder dieser Prozesse, an unendlich kleinen Theilen vor sich gehend, entwickelt eine unmeßbar kleine Menge von Wärme, deren Summe uns erst in für unsere Instrumente zugänglicher Größe entgegentritt. Aus eben so kleinen Posten summirt sich auch der Verlust, den der Körper durch Verdunstung von Flüssigkeiten, durch Verflüssigung fester Theile, durch Ausstrahlung und ähnliche Prozesse erleidet, und hier auch tritt uns erst die Summe dieser vielen unendlich kleinen Wirkungen entgegen.

Hat man sich diese Verhältnisse einmal klar gemacht, so hat man sich schon gewissermaßen die Frage beantwortet, an welchen Ort denn der Heerd der Wärmeerzeugung hinzusetzen sei. Die ältere Meinung, welche namentlich seit Lavoisier gäng und gäbe geworden war, schien freilich die einfachste und ungezwungenste. Nach dieser fand die Verbrennung in der Lunge Statt; das venöse Blut kreiste, mit verbrennlichen Stoffen angefüllt, in der Lunge, trat dort in Wechselwirkung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre; was verbrennen konnte, verbrannte, und das durch diesen Prozeß erhitzte arterielle Blut verbreitete sich nun in dem ganzen Körper, überall hin seine Wärme tragend und vertheilend. Die Lungen waren demnach der thierische Ofen, und wie in einem mit Wasserheizung versehenen Hause vertheilten sich die dort zusammenlaufenden Heizröhren nach allen Theilen des Körpers.

Manche Umstände jedoch ließen sich schwer mit dieser Annahme vereinigen, und namentlich darf man unter diesen die Temperatur der Lungen selbst in Anschlag bringen. Die Hitze müßte in diesen sehr groß, jedenfalls um einige Grad höher sein, als in den übrigen Theilen des Körpers. Die Erfahrung sagt hier das Gegentheil; die Lungen sind nicht wärmer als der Magen und alle anderen Eingeweide, welche in verschlossenen, wohlgeschützten Räumen liegen. Man hätte die aus dieser Thatsache abzuleitenden Schlußfolgerungen zwar noch umgehen können; mit dem Augenblick aber, wo durch den Versuch nachgewiesen wurde, daß Thiere auch in anderen Gasarten als Sauerstoff Kohlensäure ausathmen; daß die Kohlensäure in dem Blute schon existirt, ehe dieses nur in den Lungen ankommt und daraus dargestellt werden kann; mit diesem Augenblick, sage ich, mußte das ganze theoretische Gebäude fallen. Die Lungen konnten nicht mehr das Organ sein, in welchem die Kohlensäure gebildet wird, und da der eben erwähnten Ansicht nach die Erzeugung dieses Oxydes die Ursache der Erwärmung des Körpers war, so mußte auch nothwendig der Ort, wo diese vor sich geht, aus den Lungen verlegt und anderen Organen vindicirt werden.

Wenn indeß auch die Lungen der alleinige Wärmeheerd nicht sind, so muß dennoch zugestanden werden, daß wenigstens ein geringer Grad von Wärme darin entwickelt werden müsse. Folgende Umstände scheinen eine solche Annahme durchaus gebieterisch zu verlangen.

Die Luft, welche wir einathmen, hat im Durchschnitt in unseren Zonen eine Temperatur von 10 bis 12 Graden, im Sommer mehr, im Winter weniger. Selten nur haben wir Hitzegrade, wo die Luft so warm wäre, als unser Körper. Die ausgeathmete Luft hingegen hat die Temperatur unseres Körpers, sie ist demnach innerhalb der Lungen bis auf diesen Grad erwärmt worden; die Lungen müssen eine gewisse Quantität Wärme durch diese Abgabe verloren haben, die um so größer ausfällt, je kälter die äußere Temperatur ist. Im Winter muß demnach dieser Verlust an Wärme weit bedeutender sein, als im Sommer, und je weiter im Norden wir leben, um so mehr muß er zunehmen, während umgekehrt, gegen den Aequator hin, dieser Verlust mehr und mehr abnimmt.

Ferner ist die Luft, die wir einathmen, nur sehr selten mit Wasserdampf gesättigt. Sie ist wohl nie vollkommen trocken, allein eben so selten auch tritt der entgegengesetzte Fall ein. Die ausgeathmete Luft dagegen ist vollkommen mit Wasserdampf gesättigt, und dieser Dampf kann nur durch Verdunstung der innerhalb der Lungen befindlichen Flüssigkeiten, d. h. des Blutes, geliefert werden. Nehmen wir nun auch an, daß ein Erwachsener täglich nicht mehr als ein halbes Pfund Wasserdampf in seinen Lungen bilde (eine Annahme, die nach den jetzt vorliegenden Thatsachen eher zu gering, als zu hoch ist), so erhalten wir dadurch ein Abkühlungsmoment, welches noch viel bedeutender einwirken dürfte, als die Erhitzung der eingeathmeten Luft. Denn es ist bekannt, daß ein fester Körper, welcher flüssig wird, oder eine Flüssigkeit, welche sich in Dampf verwandelt, einer bedeutenden Quantität Wärme bedarf, um in ihren neuen Zustand überzugehen; daß diese Wärme, welche man die latente nennt, sich an dem Thermometer nicht mehr fühlbar macht, und daß

somit die Verdampfung einer gewissen Quantität Wasser in den Lungen eine bedeutende Abkühlung dieser letzteren erzeugen müsse. Diese Abkühlung aber kann in der That nicht nachgewiesen werden; die Lungen haben dieselbe Temperatur, wie alle inneren Organe des Körpers, für welche diese außerordentlichen Momente der Abkühlung nicht eintreten, und es kann demnach mit vollem Rechte aus dieser Thatsache gefolgert werden, daß in den Lungen noch eine besondere Wärmequelle existiren müsse, welche, trotz des Umstandes, daß ihnen beständig Wärme entzogen wird, sie doch auf einer constanten Temperatur erhält.

Die Schwierigkeit, diese Quelle zu bestimmen, fällt in die Augen. Die bis jetzt vorhandenen Thatsachen können auf keine solche leiten, zumal da der Präexistenz der Kohlensäure in dem dunkeln, venösen Blute wegen die unmittelbare Verbrennung des Kohlenstoffes in den Lungen nicht statuirt werden kann. Vielleicht indeß, daß diese Thatsache nicht absoluten Werth hat, und daß zwar ein Theil der Kohlensäure schon fertig zugeführt wird, ein anderer aber erst in den Lungen sich bildet. Auffallend ist es wenigstens, daß bei alten Leuten, bei welchen die Intensität der Respiration bekanntlich sehr abnimmt, sich beinahe regelmäßig in den Lungen schwarze Massen absetzen, welche fast nur aus reinem Kohlenstoffe bestehen. Diese Absätze von Kohlenstoff sind nicht allein krankhafte, geschwulstartige Anhäufungen, die man unter dem Namen von Melanosen schon seit langer Zeit kennt; — sie erscheinen vielmehr in Form eines feinen Pulvers, das im Lungengewebe selbst sich anhäuft, und oft dasselbe so erfüllt und in so hohem Grade unwegsam macht, daß es Aerzte giebt, welche den Tod der Alten zum großen Theile dieser Anhäufung von Kohlenstoff in den Lungen zuschreiben. Sieht es nicht aus, als wenn hier der Kohlenstoff, der bei der langsamen und unvollständigen Respiration in den Lungen nicht verbrennen konnte, in seiner ursprünglichen Form in dem Gewebe abgelagert würde?

Eine unzweifelhafte Quelle der Wärmeentwickelung im menschlichen und thierischen Körper ist noch außerdem in der Bewegung zu finden; allein leider erscheint auch hier die genaue

Bestimmung dieses Faktors eben so schwierig und in ungemein weiten Grenzen schwankend, als die Anerkennung der Thatsache an sich allgemein ist. Angestrengtes Umherlaufen und Bewegung der Füße wärmt diese mehr und nachhaltiger, als Annäherung an das Kamin, und bei Arbeiten im Freien während des Winters befinden wir uns wohl in Kleidern, die in der Ruhe uns kaum vor dem Erfrieren schützen würden. Der Einfluß der Bewegung ist sicher schon ein durchaus unmittelbarer; der Armmuskel eines Mannes, welcher Holz sägt, erwärmt sich durch die anhaltenden Contraktionen, die er macht, um mehr als einen Grad über seine gewöhnliche Temperatur, es kann somit nicht in Zweifel gestellt werden, daß die Muskularbewegung an sich schon Wärme erzeugen müsse. Vielleicht ist auch gerade in den Zusammenziehungen des Herzens die Quelle der dort entwickelten Wärme zu suchen. Wenn es überhaupt wahr ist, daß die linke Herzkammer der wärmste Theil des Körpers sei, so ist nicht außer Augen zu lassen, daß das Herz ein in beständiger heftiger Bewegung begriffener Muskel ist, und daß gerade das linke Herz die größte Masse besitzt und die lebhaftesten und kräftigsten Zusammenziehungen ausführt.

Nicht nur durch unmittelbare Erzeugung von Wärme aber wirkt die Bewegung, sondern auch mittelbar durch Anfeuerung aller Funktionen des Körpers. Lebhaftes Springen, Laufen, jede Anstrengung der Muskelkraft überhaupt beschleunigt die Athmung, wirkt dadurch belebend auf die Thätigkeit des Herzens ein, und fördert somit durch Anregung des Kreislaufes den Blutumlauf und den Stoffwechsel. Das Blut kreist schneller durch die Organe, die Metamorphose wird lebhafter, eben weil in schnellem Umschwunge das Blut der in der Ernährung gebildeten Auswurfsstoffe sich mit größerer Raschheit entledigen kann. Das Capillargefäßsystem der Organe ist aber, wie wir schon früher ausgeführt haben, der Sitz der chemischen Prozesse; in dem Gewebe der Organe selbst, das von den vielfachen feinen Röhren der Haargefäße durchzogen ist, geht jener Stoffwechsel vor sich, den wir als Ernährung bezeichnen und dessen Hauptaufgabe

Bildung neuer organischer Formelemente und Zurücknahme aller verbrauchter Stoffe ist. Da, wo der Sitz der chemischen Prozesse des Körpers ist, muß aber auch der Heerd seiner Wärme sein; denn die chemischen Verbindungen sind es hauptsächlich, welche Wärme entwickeln. Sonach dürfen wir denn auch dreist behaupten, daß der Ernährungsprozeß der Organe es sei, welcher die Quelle der thierischen Wärme liefert, und es liegen Thatsachen in hinreichender Zahl vor, welche beweisen, daß man sich die Wärme des menschlichen Körpers nicht so vorstellen muß, wie von einem einzelnen Punkte ausgehend, sondern daß vielmehr seine Temperatur das Resultat aller jener kleinen Wärmemengen ist, welche in jedem Momente des Körpers an allen Punkten seiner Theile produzirt werden. Man kann mit dem Thermometer in der Hand nachweisen, daß entzündete Theile eine höhere Temperatur besitzen, daß mithin die Empfindung von Hitze, welche bei jeder nur irgend wahren Entzündung sich einstellt, nicht nur auf einem subjektiven Gefühle der Nerven beruht, sondern in der That einen objektiven Grund besitzt. In entzündeten Theilen aber ist der Stoffwechsel in hohem Grade bethätigt, das Blut kreist vielleicht nur ganz im Anfange, sobald die Entzündung noch auf dem bloßen Stadium der Congestion stehen bleibt, schneller als im normalen Zustande. Später stockt das Blut völlig in den gelähmten Capillargefäßen, sein Plasma tritt aus in die umgebenden Theile, und bald entstehen nun Neubildungen verschiedener Art, je nachdem der Prozeß der Entzündung mehr zu diesem oder jenem Ausgange neigt. Während der ganzen Zeit, wo dieser Prozeß dauert, ist auch die Temperatur des Theiles bedeutend erhöht, und somit eine selbstständige Produktion von Wärme einzig durch die im Innern des entzündeten Theiles vorgehenden chemischen Metamorphosen durchaus außer Zweifel gestellt.

Man darf indeß diese erhöhte Wärme, welche sich nicht nur dem Gefühle des Kranken, sondern auch dem Thermometer kund giebt, nicht allzu hoch anschlagen, wenn sie gleich für den Kranken oft ungemein quälend ist. Die Empfindung von Wärme

oder Kälte, welche ein Individuum hat, hängt weit mehr von dem Zustande seines Nervensystemes, als von dem wirklichen Temperaturunterschiede ab. Wir werden in einem späteren Briefe sehen, daß die Hautnerven lediglich mit der Vermittelung des Wärmegefühls betraut sind, und daß in Folge krankhafter Zustände in dieser Beziehung große Irrthümer Statt finden können, lehrt die ärztliche Erfahrung. Bei dem Wechselfieber wechseln bekanntlich drei scharf abgeschnittene Stadien regelmäßig mit einander ab. Der Kranke bekömmt einen Frostanfall, gegen den Decken und warme Krüge nicht schützen; dann folgt trockene Hitze, und endlich bricht reichlicher Schweiß aus, der den Anfall endet. Schiebt man ein Thermometer in die Achselhöhle (der geeignetste Ort, um an Erwachsenen Untersuchungen dieser Art anzustellen), so sieht man, den Empfindungen der Kranken gerade entgegengesetzt, das Quecksilber noch vor dem Beginne des Frostanfalles steigen und dies Steigen während des Frostes fortdauern. Gegen das Ende des Schüttelfrostes, wo der Kranke vor Kälte am ganzen Leibe zittert und mit den Zähnen klappert, erreicht der Thermometer seine größte Höhe und zeigt somit statt einer Verminderung eine Vermehrung der inneren Wärme im Froststadium an; im Hitzestadium ist es von dieser Höhe schon wieder herabgesunken, und dieses Sinken dauert fort, bis an dem Ende des Anfalles das Thermometer seine normale Höhe wieder erlangt hat. Man sieht also, daß man wohl unterscheiden muß zwischen dem subjektiven Wärmegefühl, welches beim Individuum auch unabhängig von äußeren Einflüssen in verschiedener Weise entwickelt werden kann, und dem objektiven Wärmegrade, den unsere Instrumente anzeigen. Ein ähnlicher Unterschied ist auch zu machen in den Empfindungen, welche die berührende Hand uns selber mittheilt. Die Aerzte unterscheiden mit vollem Rechte verschiedene Arten von Hitze, die oft auf verschiedene Krankheitsprozesse deuten. Bei manchen Kranken empfindet die aufgelegte Hand eine unangenehme stechende Hitze, bei anderen eine Vermehrung der Temperatur, die aber kein unangenehmes Gefühl erregt, bei noch anderen endlich scheint

die Temperatur kaum verändert. Es ist möglich, daß das Thermometer bei den drei so verschiedenen Kranken durchaus denselben Grad der Temperatur angiebt. Die Haut in ihren verschiedenen Zuständen der Spannung und Erschlaffung, der Blutleere und der Blutfülle hat offenbar eine verschiedene Leitungsfähigkeit für die Wärme, und hiernach, nicht nach dem wirklichen Wärmegrade, urtheilt unsere fühlende Hand. Man lege ein Stück Eisen und ein Stück Holz neben einander auf einen geheizten Ofen, bis beide dessen Temperatur angenommen haben. Man wird das Holz mit der bloßen Hand anfassen und bei Seite legen können, während man sich an dem Eisen verbrennt, und dennoch wird das Thermometer genau denselben Wärmegrad für beide anzeigen. Wir fühlen mit unserer Hand nicht nur den Unterschied der Temperatur, wir sind auch empfindlich für die absolute Menge von Wärme, welche in einer gegebenen Zeit von einem Körper auf uns überströmt. Das Eisen aber, ein guter Leiter, giebt unmittelbar bei der Berührung eine große Wärmemenge ab, die aus dem Holze erst nach längerer Zeit überströmt. Die verschiedene Wärmeempfindung, welche wir bei der Berührung von Kranken haben, die dem Thermometer doch dieselbe Wärme anzeigen, beruht sicherlich auf demselben Grunde.

Sollen wir nun unsere Untersuchungen über die Erzeugung der Wärme im thierischen Körper zusammen fassen, so sehen wir, daß in dieser Erzeugung selbst gewissermaßen das Resultat aller verschiedenen Lebensprozesse gegeben ist, und daß die Wärme selbst eine höchst veränderliche Größe ist, zusammengesetzt aus einer Menge veränderlicher Faktoren, deren Einzelsummen oft der unmittelbaren Beobachtung sich entziehen. Nicht nur der Stoffwechsel allein findet seinen Ausdruck in dieser Wärmeerzeugung; auch alle übrigen dem Nervenleben angehörigen Prozesse üben mittelbar durch Niederhaltung oder Anfeuerung des Stoffwechsels ihren Einfluß in dieser Beziehung aus. Es ist keine leere Phrase, wenn man sagt, daß man sich von begeisternder Rede erwärmt, von langweiligem Geschwätze erkältet fühle.

Die Anregung erhöhter Thätigkeit des Gehirnes bedingt schnelleren Stoffwechsel in diesem Organe selbst, schnelleren Blutlauf, erhöhte Thätigkeit in allen Organen des Körpers und damit auch erhöhte Wärme.

Zum Beschlusse dieses Briefes muß ich nun einer Hypothese erwähnen, die noch jetzt in vielen Köpfen spuckt und deren leicht vorauszusehender Tod erst dann erfolgen wird, wenn die hier entwickelten Ansichten durch genaue experimentelle Thatsachen ihre Bestätigung gefunden haben werden. Diese Hypothese besteht einfach darin, daß man den Nerven oder dem unbekannten Räthsel der Lebenskraft die Erzeugung der thierischen Wärme zuschreibt. Wie man ersteren noch eine solche Funktion ertheilen könne, ist mir unbegreiflich. Ein Glied, an welchem man die Nerven durchschnitten hat, behält darum nichts desto weniger so lange seine normale Temperatur bei, als die Ernährung nicht unter der Lähmung leidet. Den Effekt des Sinkens der Temperatur in diesem Falle aber den Nerven zuschreiben zu wollen, ist durchaus unthunlich. Es ist bekannt, daß Glieder, deren Bewegung aus einem oder dem anderen Grunde lange Zeit nicht geübt wurde, in ihrer Ernährung abnehmen und magerer werden; bei Beinbrüchen kann man alltäglich die Erfahrung machen, daß auch das gesunde Bein während des langen Liegens im Bett bedeutend abgemagert ist. Bei Klumpfüßen, wo durch die Difformität des Fußes die Wadenmuskeln ganz außer Thätigkeit kommen, schrumpfen diese ein, ohne daß nur die Nerven im mindesten krankhaft affizirt wären, und die Ernährung nimmt so ab, daß die Kranken beständig Kälte an dem unförmigen Fuße empfinden. Der gleiche Fall tritt bei Lähmungen und Durchschneidungen der Nerven ein, das geringe Sinken in der Temperatur des betreffenden Theiles, das meist erst nach Monate langer Aufhebung des Nerveneinflusses eintritt, kann nur dem Leiden der Ernährung im Ganzen zugeschrieben werden. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur vergleichende Versuche an Thieren anzustellen, indem man bei dem einen die Blutgefäße der Extremitäten unterbindet, bei dem andern die

Nerven durchschneidet. In dem Fuße, wo man die Circulation des Blutes unmöglich gemacht hat, kann man die Abnahme der Temperatur von Stunde zu Stunde mit dem Thermometer in der Hand konstatiren; da wo der Nerveneinfluß aufgehoben wurde, ist keine solche Abnahme bemerklich.

Die Lebenskraft endlich gehört zu der Zahl jener Hinterthüren, deren man so manche in der Wissenschaft besitzt und die stets der Zufluchtsort müssiger Geister sein werden, welche sich die Mühe nicht nehmen mögen, etwas ihnen Unbegreifliches zu erforschen, sondern sich begnügen, das scheinbare Wunder anzustaunen. — Die Medizin ist besonders erfinderisch in dieser Beziehung. Guter Gott! was sollte aus der Praxis werden, wenn wir nicht den Rheumatismus, die Hypochondrie und Hysterie hätten; drei jener Rumpelkammern, in welche wir alles werfen, von dem wir nichts Genaueres wissen. Als man die Elektrizität noch nicht kannte, hielt man den Donner für eine übernatürliche Erscheinung, je weiter man aber in der Kenntniß der Natur fortschritt, desto mehr schwand das Geheimnißvolle. Ein gleiches Verhältniß haben wir in der Physiologie; die Lebenskraft ist jenes unbekannte X, das überall im Hintergrunde steht, das stets ausweicht, wo man es fassen will, und dessen Reich um so weiter zurückgedrängt wird, je weiter voran die Wissenschaft ihre Fackel trägt. Noch zu Anfange unseres Jahrhunderts gab es keine Funktion des Körpers, worin nicht dies unbekannte Element der Lebenskraft eine bedeutende Rolle gespielt hätte, die Berufung auf sie zur Erklärung einer vorliegenden Thatsache hat jetzt schon keinen wissenschaftlichen Werth mehr, sie ist nur eine Umschreibung der Unwissenheit.

Zweite Abtheilung.

Das animalische Leben.



Zehnter Brief.

Das Nervensystem.

Der Schädel des Menschen und der höheren Wirbelthiere bildet eine hohle Kapsel, aus einzelnen Knochenstücken in der Weise zusammengefügt, daß nur hie und da kleine Löcher für Nerven und Blutgefäße übrig bleiben, sonst aber ein vollkommen hermetischer Gewölbeschluß erzielt wird. Diese Kapsel wird bei den Menschen aufrecht auf der Wirbelsäule getragen, welche einen Hohlcylinder darstellt, der aus einzelnen, auf einander geschichteten Ringen, den Wirbeln, zusammengesetzt ist. Die einzelnen Wirbel sind durch Gelenke und elastische Zwischenplatten sowohl unter sich als mit dem Schädel verbunden, und ihr vorderer, der Bauchfläche zugekehrter Theil ist stärker angeschwollen, so daß man an jedem Ringe den einer dicken rundlichen Scheibe gleichenden Körper des Wirbels von dem Bogentheil, welcher den inneren Kanal nach hinten zu umschließt, unterscheiden kann. In der von Schädel und Wirbelsäule auf diese Weise gebildeten Höhle ist nun das Centralnervensystem, das Gehirn und Rückenmark, eingeschlossen, und zwar in der Weise, daß bei aufrechter Stellung das Hirn auf der Schädelbasis aufruht, die in ihrem vorderen Theile etwa der Decke der Augenhöhle entspricht, während das Rückenmark frei in dem Rückenkanale aufgehängt und nur durch seine häutigen Umhüllungen, sowie durch die Blutgefäße und die von ihm abgehenden Nerven an den Wänden befestigt ist.

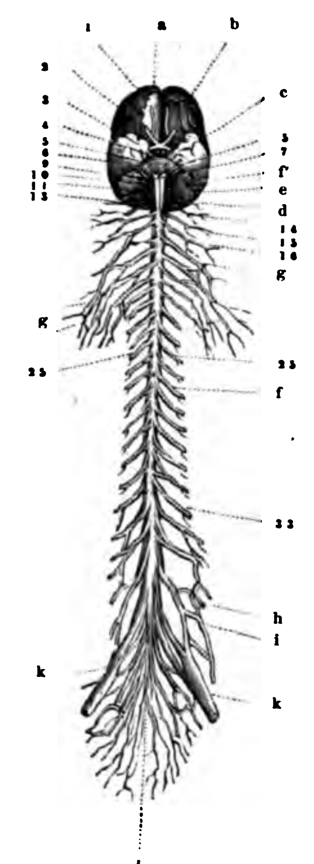


Fig. 14. Das Centralnervensystem des Menschen von der Bauchfläche aus. a. Gehirn. b. Vorderlappen des großen Gehirnes. c. Mittellappen. d. Hinterlappen, vom kleinen Gehirne fast verdeckt. e. Kleines Gehirn. f'. Verlängertes Mark. f. Rückenmark. 1. Geruchsnerv. 2. Sehnerv. 3. Augenmuskelnerv. 4. Pathetischer Nerv. 5. Dreigetheilter Nerv. 6. Abziehnerv des Auges, über die Varols-Brücke herüber laufend. 7. Antlitz- und Hörnerve. 9. Geschmacksnerve. 10. Herumschweifender Nerve. 11. Beinerve und Zungenmuskelnerve. 13—16. Die vier ersten Halsnerven. g. Halsnerven, die das Armgeflecht bilden. 25. Rückennerv. 33. Lendennerv. h. Lenden- und Kreuzbeinnerven zum Hüftgeflecht zusammentretend. i. Die letzten Nerven, die noch eine Strecke im Rückenmarkskanal fortlaufen und den sogenannten Pferdeschweif (cauda equina) bilden. j. Der unpaare Endigungsnerve des Rückenmarkes. k. Der Hüftnerv (Nervus ischiaticus).

Jedermann kennt das eigenthümliche Aussehen der weichen, fast breiartigen Substanz, aus welcher Hirn und Rückenmark zusammengesetzt sind. Man weiß, daß diese Substanz eine theils hellweiße, theils graue oder grauröthliche Farbe hat, und daß an dem frischen Gehirne sich ein großer Reichthum von Blutgefäßen und auf dem Durchschnitte überall feine Blutpünktchen sich zeigen. Ebenso weiß Jeder, daß das **Rückenmark** die sehr einfache Form eines langen, nach unten zugespitzten rundlichen Stranges zeigt, der bei dem Menschen etwa bis in die Gegend des zweiten Lendenwirbels reicht und nur je in der

Hals= und Lendengegend an dem Abgangspunkte der die Arm= und Hüftgeflechte bildenden großen Nerven eine geringe Anschwellung zeigt, sonst aber in seiner ganzen Länge stets dasselbe Aussehen besitzt. Die Bauch= und Rückenfläche des Rückenmarkes sind etwas abgeplattet und zeigen in der Mittellinie eine feine Furche, wodurch das Rückenmark in zwei symmetrische Seitenhälften geschieden wird, die nur in der Mitte durch einen schmalen Verbindungstheil zusammenhängen. Im Centrum des Rückenmarkes findet sich ein feiner Längskanal, der um so weiter ist, je jünger das Individuum, und den man den Rückenmarkskanal nennt. Auch zwei flache seitliche Furchen lassen sich, wenn auch mit größerer Unbestimmtheit, unterscheiden. In regelmäßigen Absätzen, den Wirbeln entsprechend, entspringen von dem Rückenmarke zu beiden Seiten die Nerven, deren es 31 Paare giebt, die zwischen je zwei Wirbeln durch ein besonderes Loch nach außen dringen und sich in dem Körper verbreiten.

Bei weitem nicht so einfach wie derjenige des Rückenmarkes ist der anatomische Bau des Gehirnes. Hier treten uns sowohl im Aeußeren als auch im Inneren eine Menge von Formgestaltungen entgegen, auf die wenigstens einigermaßen näher einzugehen wir uns nicht versagen dürfen, da mit der Bedeutung einzelner dieser Theile und ihrer Beziehung sowohl zur Empfindung als Bewegung, wie auch zu den höheren Verrichtungen des Gehirnes, ein oft gewagtes Spiel getrieben worden ist. In die Einzelheiten einzugehen dürfte indeß für unseren Zweck um so weniger geeignet erscheinen, als gerade bei dem Gehirne die Kenntniß der gröberen anatomischen Struktur oft in gar keinem Zusammenhange mit der Analyse der Funktionen selbst und den darüber bekannten Thatsachen steht.

Aus der Entwickelung des Gehirnes und Rückenmarkes sowohl, wie aus der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere läßt sich darthun, daß das Centralnervensystem anfänglich aus einer zusammenhängenden Reihe mehr oder minder geschlossener Räume gebildet ist. Längs der Wirbelsäule des Embryo findet sich als erste Anlage des Rückenmarkes ein cylindrisches Rohr,

an dessen vorderem Ende drei Blasen aufsitzen, welche hinter einander gelegen, die verschiedenen Theile des Gehirnes andeuten und die man füglich von vorne nach hinten mit dem Namen Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn belegen kann. Direkte Fortsetzung des letzteren ist das Rückenmarksrohr. Die genannten Räume sind mit mehr oder minder gallertartiger Flüssigkeit erfüllt und auf ihrem Boden bilden sich Ansammlungen festerer Substanz, die allmählich längs der Wände der Gehirnblasen in die Höhe steigen und gewölbartig nach oben fortschreiten, bis sie sich in der oberen Mittellinie begegnen. Erst wenn diese Begegnung an gewissen Stellen vollendet ist (an andern erfüllt sie sich gar nicht), erst dann erfolgt auch Anhäufung von festerer Masse nach innen gegen den Kanal selbst hin; — der von Flüssigkeit erfüllte Raum nimmt mehr und mehr ab und bei dem erwachsenen Menschen endlich bleiben nur einzelne unbedeutende Höhlenräume zwischen den verschiedenen Gehirntheilen übrig, während der übrige Schädelraum und Rückenmarkskanal von fester Substanz erfüllt ist.

Es geht schon aus dieser kurzen Skizze der Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystemes hervor, daß man zweierlei Gebilde daran unterscheiden kann, deren Geschichte wesentlich von einander verschieden ist, nämlich einerseits den Hirnstamm oder die ursprünglichen Theile, welche sich auf dem Boden der Gehirnblasen und des Rückenrohres absetzten, und andererseits die Gewölbtheile, welche, auf dem Hirnstamm aufsitzend, den Schluß der festen Theile nach oben und die Ausfüllung der Höhlenräume von oben und den Seiten her bedingten. Jede der drei ursprünglichen Hirnmassen hat so den auf dem Grunde sich durchziehenden Hirnstamm und einen darüber aufgesetzten Gewölbtheil, dessen Entwickelung bei den verschiedenen Klassen und Arten von Thieren sehr verschieden ist. Die wesentlichen Unterschiede, welche man in der Bildung des Gehirnes der Wirbelthiere sieht, hängen meist von dem Umstande ab, daß die Gewölbtheile der verschiedenen Hirnmassen sich ungleichmäßig entwickeln, daß bei der einen Art das Vorderhirn, bei einer andern das Mittel-

oder Hinterhirn übermäßig sich ausbildet, und die anderen Theile dadurch in ihrer Entwickelung gehemmt, überbaut und zurückgedrängt werden, so daß sie nur noch in rudimentären Verhältnissen sich finden. So stehen bei dem Menschen namentlich die Theile des Mittelhirns durchaus in keinem Verhältnisse zu dem Vorderhirn, dessen Gewölbtheil namentlich unverhältnißmäßig sich vergrößert und so über das Mittelhirn hinüberschlägt, daß dasselbe dem Blicke von allen Seiten entzogen ist und erst nach Abtragung oder Zurückschlagung des Vorderhirnes gesehen werden kann.

Die Gewölbebildung ist an dem menschlichen Gehirne namentlich bei dem Vorderhirne am Deutlichsten wahrnehmbar. Deckt man den Schädel eines Menschen ab, so sieht man zwei große, in der Mitte getrennte ovale Massen, deren Oberfläche zahlreiche, in einander gefaltete Windungen zeigt und die den ganzen oberen Schädelraum erfüllen. Vorne ruhen diese Massen auf dem knöchernen Dache der Augenhöhlen, hinten werden sie von einem eigenen häutigen Vorsprunge getragen, der so an der inneren Fläche des Hinterhauptes angebracht ist, daß er fast in derselben Horizontalebene liegt, wie das Dach der Augenhöhlen. Diese gewundenen Massen sind die Gewölbtheile des Vorderhirns, oder in der anatomischen Kunstsprache die Hemisphären des großen Gehirnes (s. Fig. 15 auf S. 232). Der Spalt, welcher beide Hemisphären in der Mittellinie trennt, geht vorn bis auf das knöcherne Dach der Augenhöhle, hinten bis auf das häutige Zelt am Hinterhaupte durch, und in ihn senkt sich eine senkrechte Falte der sehnigen harten Hirnhaut (dura mater), welche die große Hirnsichel genannt wird. Das häutige Zelt des Hinterhauptes, auf welchem der hintere Theil der Hemisphären ruht, ist eine eben solche, nur horizontal gestellte Falte der harten Hirnhaut, die zur Trennung von dem kleinen Gehirne dient. In dem Raume, welchen die Hirnsichel frei läßt, wird der Zusammenhang der beiden Hemisphären durch eine breite Masse vermittelt, deren obere Fläche man leicht zur Anschauung bekommt, wenn man die beiden Hälften des Gehirnes etwas seitlich aus einander drückt.

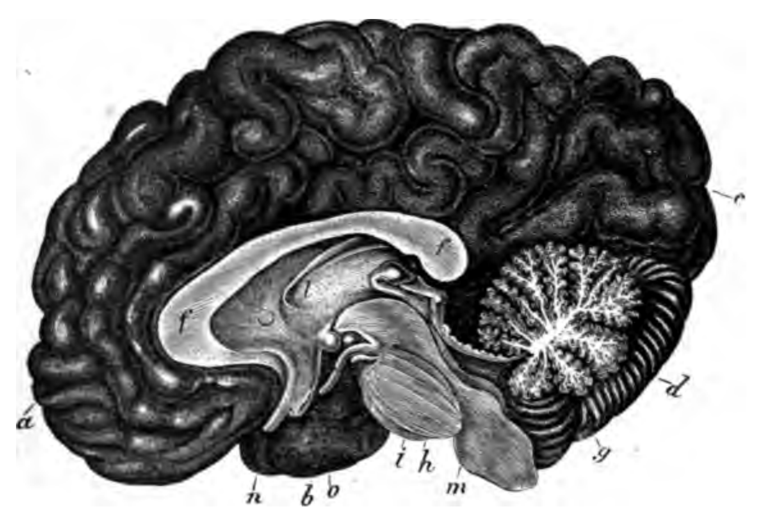


Fig. 15. Senkrechter Durchschnitt in der Richtung der Hirnsichel nach unten geführt, so daß nur die Verbindungstheile der beiden Hemisphären durchschnitten sind. a. Vorderlappen; b. Mittellappen; c. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. d. Kleines Gehirn. Sein Mitteltheil, der sogen. Wurm, zeigt auf dem Durchschnitte den sogen. Lebensbaum, die weiße Marksubstanz, die überall von grauer Substanz eingefaßt ist. f. Der Balken. g. Seitentheil des kleinen Gehirnes. h, i. Die Varolsbrücke, durchschnitten. l. Die durchsichtige Scheidewand (Septum pellucidum). m. Das verlängerte Mark. n. Sehnerv. o. Zugang zum Hirntrichter.

Diese weiße, aus queren Fasern gebildete Masse heißt der Schwielenkörper oder der Balken. Schneidet man diesen Balken etwas auf der Seite senkrecht durch, so trifft man auf eine innere Höhle, welche nach hinten zu noch von einer besonderen Markausbreitung, dem sogenannten Gewölbe, überdeckt und geschlossen ist. Die beiden seitlichen Hirnhöhlen, welche in jeder Hemisphäre sich finden, haben eine sehr unregelmäßige Gestalt, und laufen in mehrere Fortsetzungen, sogenannte Hörner aus, auf deren Form wir nicht weiter eingehen können. Die ganze Hirnmasse aber, welche über und neben den Hirnhöhlen angelagert ist, und die mehr als zwei Drittel des gesammten Gehirnes ausmacht, ist Gewölbtheil des Vorderhirnes. Nur die-

jenige Masse, welche den Boden dieser Hirnhöhlen bildet, gehört dem Stamme des Vorderhirnes an.



Fig. 16. Der Hirnstamm aus den Gewölbtheilen herausgelöst und für sich dargestellt. 1. Der Sehhügel; 2. dessen hinterer Theil. 3, 4. Die Kniehöcker, besondere schleifenartige, zum Sehhügel gehörige Theile. 5. Anfang des Sehnerven. 6. Die Zirbeldrüse. 7, 8. Vorderer und hinterer Hügel der Vierhügel. 9 und a. Verbindungstheile derselben zum Hirnstamme. b. Ursprung des pathetischen Nerven. c. Verbindungstheil zwischen kleinem Gehirn und Vierhügeln (Kleinhirnschenkel zu den Vierhügeln). d. Ein Theil desselben, die Schleife genannt. e, f. Großhirnschenkel. g. Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv. h. Varolsbrücke. i. Kleinhirnschenkel zur Brücke. k. Kleinhirnschenkel zum verlängerten Marke. l. Dreigetheilter Nerve. m. Abziehnerve des Auges. n. Antlitz- und Hörnerve. o. Olivenkörper. p. Pyramidenkörper. q. Rückenmarksfurche. r. Strangförmiger Körper. s. Rückenmark. t. Rautengrube.

In diesem Vorderhirnstamme unterscheidet man zwei Paare von Anschwellungen : eine vordere, den sogenannten Streifenhügel, welche hauptsächlich mit den Riechnerven, eine hintere, die Sehhügel, welche mit dem Sehnerven in Beziehung steht.

Tief versteckt unter den hinteren Lappen der großen Hemisphären findet sich eine mittlere unpaare Erhabenheit, etwa von Haselnußgröße, die durch zwei sich kreuzende Furchen in zwei ungleiche Hügelpaare getheilt ist. Man nennt diese Erhabenheit die Vierhügel. Sie wird in ihrem Inneren längs der Mittellinie von

einem Kanale durchbohrt, welcher mit den übrigen Hirnhöhlen in direktem Zusammenhange steht. Auf diese Weise werden die Vierhügel, dieser schwache Rest des Mittelhirnes, ebenfalls in einen oberen Gewölbtheil und einen unteren Stammtheil getrennt.

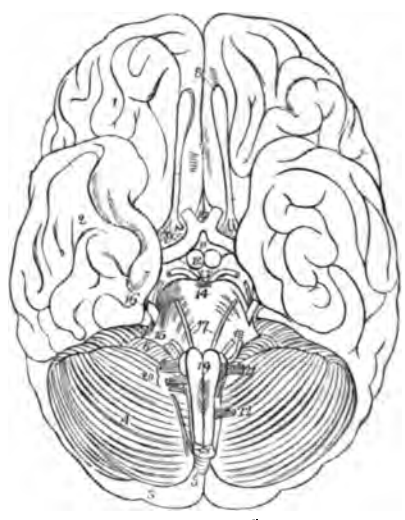


Fig. 17. Ansicht des menschlichen Gehirnes von unten (Hirnbasis). 1. Vorderlappen; 2. Mittellappen; 3. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. 4. Hemisphären des kleinen Gehirnes. 5. Mitteltheil (Wurm) des kleinen Gehirnes. 6. Vorderes getrenntes Läppchen (Flocke) der Kleinhirnhemisphäre. 7. Untere Längsspalte des großen Gehirnes. 8. Riechnerven. (Erstes Paar.) 9. Austritt der Riechnerven aus dem Hirnstamme. 10. Kreuzung der Sehnerven. Chiasma nervorum opticorum. (Zweites Paar.) 11. Grauer Hügel; 12. Zitzenkörper, beides Anschwellungen auf der unteren Fläche des Hirnstammes hinter der Sehnervenkreuzung. 13. Augenmuskelnerv. Oculomotorius. (Drittes Paar.) 14. Varolsbrücke. 15. Kleinhirnschenkel zur Brücke. 16. Dreigetheilter Nerv. Nervus trigeminus. (Fünftes Paar.) Unmittelbar davor das weit dünnere, vierte Paar, N. patheticus oder trochlearis. 17. Abziehnerve des Auges. N. abducens. (Sechstes Paar.) 18. Antlitznerve und Hörnerve. N. facialis und N. acusticus. (Siebentes und achtes Paar.) 19. Pyramidenkörper des verlängerten Markes. Zu ihrer Seite nach Außen die Olivenkörper. 20. Zungenschlundkopfnerve, herumschweifender Nerve und Beinerve. N. glossopharyngeus, vagus und accessorius Willisii. (Neuntes, zehntes und elftes Paar.) 21. Muskelnerve der Zunge. N hypoglossus. (Zwölftes Paar.) 22. Erster Halsnerve.

Im Hinterhirne endlich sind Stamm und Gewölb auf auffallendste Weise getrennt. Der Stammtheil wird von dem verlängerten Marke gebildet, das aus mehreren gesonderten Strängen, den Oliven, Pyramiden und strangförmigen Körpern zusammengesetzt ist und nach vorn zu einem bedeutenderen Knoten anschwillt, in welchem man quere Fasern unterscheidet, und der die Brücke (pons Varoli) heißt. Von dem verlängerten Marke und der Umgegend der Brücke entspringen die meisten Hirnnerven und ebenso gehen von hieraus Ausstrahlungen weißer Marksubstanz, welche die Grundlagen der Gewölbtheile bilden und die man die Hirnschenkel nennt. Man unterscheidet hauptsächlich die Großhirnschenkel und die Schenkel des kleinen Gehirnes, welches über dem verlängerten Marke aufliegt und durch das quere Hirnzelt von den Hemisphären des großen Gehirnes getrennt ist. Durch tief einschneidende Furchen, die eine quere Bogenrichtung haben, ist das kleine Gehirn in eine Menge einzelner Blätter getheilt und zeigt auf dem Durchschnitte eine baumartige Vertheilung der inneren weißen Masse, welche die alten Anatomen mit dem Namen des Lebensbaumes bezeichneten. Auf der oberen Fläche des verlängerten Markes öffnet sich da, wo das kleine Gehirn aufliegt, der Rückenmarkskanal mit einer länglichen Vertiefung, welche die Rautengrube genannt wird, und setzt sich dann unter dem kleinen Gehirne, den Großhirnschenkeln bis zwischen die Sehhügel fort, wo er einerseits mit den großen Hirnhöhlen, andererseits mit einem trichterförmigen Anhange nach unten, den man den Hirntrichter genannt hat, sich vereinigt. Diese sämmtlichen mit einander in Verbindung stehenden Höhlen, die nur der Rest des bei dem Embryo bestehenden Raumes sind, der allmählich durch die Wucherung der Nervensubstanz ausgefüllt wurde, sind mit einem eiweißhaltigen Wasser erfüllt, welches auch das Nervensystem von außen umspült und das Hirnwasser genannt wird. Bei dem angeborenen Wasserkopfe der Kinder ist dieses Hirnwasser außerordentlich vermehrt, so daß die Hirnsubstanz selbst und namentlich

die Gewölbtheile derselben oft auf eine unbedeutende Schicht reducirt sind.

Die weiche, fast breiartige Substanz des Gehirnes und die außerordentliche Veränderlichkeit seiner Elementartheile, die schon unmittelbar nach dem Tode beginnt, hat lange der Erkenntniß seiner Struktur bedeutende Hindernisse in den Weg gelegt. Man wußte schon aus dem äußeren Anblicke, daß man eine weiße Masse unterscheiden konnte, welche deutlich gefaserten Bau besaß, und eine mehr oder minder grauröthlich gefärbte Substanz, die, in geringerer Menge vertheilt, keine solche gefaserte Struktur zeigte, und in der man, je nach Färbung und Textur, noch verschiedene geringere Modifikationen unter dem Namen der gelben, der schwarzen Substanz unterschied. Die graue Substanz zeigt sich in sehr verschiedenen Verhältnissen. Im Rückenmarke liegt sie in der Mitte rund um den Kanal herum, rings umgeben von weißer Substanz, eine Art Strang bildend, der vier ausgeschweifte Kanten hat, so daß ihr Durchschnitt als ein liegendes Kreuz erscheint; im Gehirne bildet sie einzelne, mehr oder minder scharf getrennte Kerne, die oft mit weißer Substanz mannichfach durchflochten sind. Außerdem ist noch die äußerste Oberfläche des Gehirnes von mehreren dünnen Lagen grauer Substanz gebildet, zwischen welche Blättchen weißer Substanz sich einschieben. Das wechselseitige Verhältniß der Elementartheile dieser verschiedenen Substanzen zu einander zu entwirren ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, und wenn wir auch die Formen und Gestalten der weißen Fasern im frischen und veränderten Zustande und die Elemente der grauen Substanz kennen, so ist es doch jetzt noch unmöglich, bis in's Einzelne zu bestimmen, in welchen Beziehungen beide sowohl unter sich als auch mit den Nerven stehen. Die weiße Substanz, welche die Hauptmasse des Gehirnes bildet, besteht unzweifelhaft aus feinen dünnen röhrenartigen Fasern, die aus einer äußerst feinen Scheide und einem durchsichtigen hellen Inhalte gebildet sind, der fast fettartig aussieht, eine ziemliche Zähigkeit besitzt und in seinem Inneren zuweilen etwas fester als in der Nähe der

heide ist, so daß, zuverlässigen Beobachtern zu Folge, auch
r der sogenannte Axencylinder deutlich wäre. Diese Fasern
r Röhren sind außerordentlich empfindlich gegen Einwirkungen
er Art, so daß sie bei unvorsichtiger Behandlung, so wie
ze Zeit nach dem Absterben, überall Ausbuchtungen und
ftreibungen erhalten und ihr ursprüngliches Ansehen gänzlich
lieren. Sie liegen meist in parallelen Bündeln, deren Ver-
f man in den einzelnen Theilen des Gehirnes und Rücken-
rkes nach vorgängiger Erhärtung verfolgen kann. Im Allge-
inen zeigt sich diese Faserung in der Art, daß die Bündel
Länge des Hirnstammes nach verlaufen, durch die Hirn-
nkel in die Gewölbtheile nach oben hin ausstrahlen und auch
einigen Stellen in der Mittellinie, wie an dem Gewölbe
dem Balken des großen Gehirnes, sowie an den mit dem
men der Commissuren bezeichneten Verbindungssträngen,
che die beiden symmetrischen Hälften des Großhirnstammes
t einander verbinden, und ferner an der Varolsbrücke des
nterhirnes quer von einer Seite zur anderen gehen.

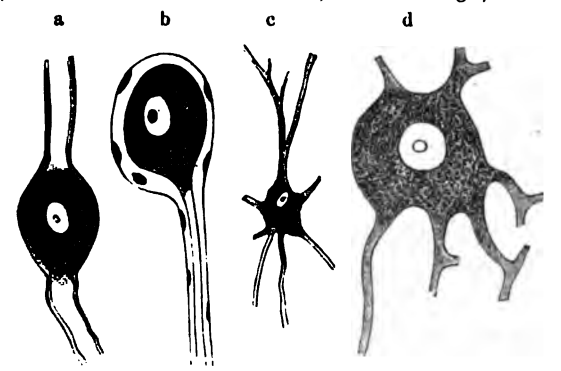


Fig. 18. Nervenzellen und Ganglienkörper bei einer Vergrößerung 380—400 im Durchmesser. a. Bipolare Ganglienkugel vom Ganglion dreigetheilten Nerven der Forelle. Man sieht im Inneren die körnige sse, den bläschenartigen hellen Kern und das Kernkörperchen, so wie den ergang der Hülle in die Scheide der Nervenröhren. b. Unipolare Gang- kugel vom Menschen, an der man in der dicken hellen Scheide die ne der Scheidensubstanz sieht. c. Geschwänzte Nervenzelle mit verzweig- Aesten von der grauen Belegungssubstanz des menschlichen Gehirnes. Geschwänzte Nervenzelle aus dem Gehirne des Zitterrochens.

Die Hauptmasse der grauen Substanz des Centralnervensystemes besteht aus eigenthümlichen, höchst zarten, in sternartige Fortsätze auslaufenden Körpern von graulicher Farbe, welche man die Nervenkörper oder Nervenzellen genannt hat. Es bestehen diese Nervenzellen aus einer hellen, zähen, elastischen Masse, in welcher entweder nur sehr feine Körnchen, oder auch in einzelnen Fällen auf einen Klumpen zusammengeballte dunklere Farbstoffkörnchen eingebettet sind. In der Mitte dieser Zellen liegt ein helles durchsichtiges Bläschen, der Kern, mit einem oder zwei rundlichen Kernkörperchen im Inneren. Die strukturlose Hülle, welche diese Nervenzellen umgiebt, ist außerordentlich fein und läßt sich an den meisten nicht einmal mit Sicherheit wahrnehmen. Nach allen Seiten hin strahlen diese Zellen in feine Fortsätze aus, welche sich häufig verästeln, und oft so fein werden, daß ihre weitere Verfolgung in der weichen Substanz unmöglich ist. Diese Fortsätze enthalten dieselbe zähe homogene Grundmasse, wie die Zellen, und ihre Scheide wird so fein, daß sie ebenfalls zuletzt ununterscheidbar wird. Die Größe dieser Nervenzellen wechselt ungemein; die größten finden sich in der grauen Rinde des kleinen Gehirnes, sowie an den Ecken des grauen inneren Kreuzes des Rückenmarkes. An einigen Stellen enthalten sie nur die blasse, zähe, körnige Substanz, an anderen noch die erwähnten Farbekörnchen, wodurch großentheils jene Modifikationen der grauen Substanz erzielt werden, die man mit dem Namen der grauröthlichen, der gelatinösen Substanz u. s. w. bezeichnet hat.

Die erwähnten Nervenzellen sind nicht die einzigen Elemente, welche sich in der grauen Substanz finden. Man sieht dort außerdem eine feinkörnige, blasse, gelatinöse Substanz, ähnlich derjenigen, welche in den Nervenzellen enthalten ist, sowie eine Menge von feinen Nervenröhren, welche höchst wahrscheinlich unmittelbare Fortsetzungen der schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen sind. Diese sehen nämlich in ihren letzten Enden den feinsten Nervenröhren so ähnlich, daß man nicht im Stande ist, beide anders zu unterscheiden, als durch den Zusam-

menhang mit anderen Theilen. In einzelnen Fällen hat man den Zusammenhang wirklich sehen können, so wie man anderseits auch Uebergänge der schwanzförmigen Verlängerungen in solche anderer Zellen gesehen hat. Es ist somit höchst wahrscheinlich, daß zwar einerseits die Fortsetzungen der Nervenzellen mit einander communiciren, indem ihre verzweigten Fäserchen und schwanzförmigen Verlängerungen zuletzt eine Art Netz mit einander bilden; daß aber aus diesem ineinander gewirrten Netze anderseits Nervenröhren und solche Fasern hervorgehen, wie sie in der weißen Substanz sich finden, indem einige dieser schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen in solche feine Nervenröhren sich fortsetzen.

Diejenigen Fasern, welche die aus dem Gehirn entspringenden Nervenwurzeln zusammensetzen, gehen alle aus dem Hirnstamme hervor, und zwar unzweifelhaft aus den grauen Kernen, die in demselben vertheilt sind. Es ist jetzt bei den meisten Nerven dieser Art gelungen, sie bis zu grauen Kernen zu verfolgen, welche man auch nicht mit Unrecht die Nervenkerne genannt hat. Ob aber die Fasern der Nebenwurzeln hier enden, oder ob sie weiter hinaustreten und in die weiße Masse der Hemisphären eindringen, oder ob sie nur bis zu den vorderen Theilen des Hirnstammes, bis zu dem Seh- und Streifenhügel dringen, ist eine noch unerledigte Frage. Jedenfalls wird aus dem physiologischen Verhalten, wie wir weiter unten sehen werden, klar, daß bei weiterem Vordringen in die Gewölbtheile des Gehirnes die Fasern ihre Funktion ändern müßten, was gewiß als sehr unwahrscheinlich betrachtet werden muß. In dem Rückenmarke ist man ebenfalls über den Ursprung der Nervenwurzeln noch zweifelhaft. Während die Einen behaupten, daß sie aus der grauen Kernsubstanz entstehen, machen die Anderen es wahrscheinlich, daß die letzten Enden bis zum Gehirne emporsteigen. Je weiter die Nervenwurzeln nach außen treten, desto breiter und dicker werden die einzelnen Röhren, aus denen sie zusammengesetzt sind, während zugleich die umgebende Scheide sich deutlicher gewahren läßt. Auf der Oberfläche des Centralor-

ganes angelangt erhalten die Nervenwurzeln schon eine festere Umhüllung, die noch weit stärker und deutlicher wird, sobald sie in die Löcher eintreten, durch welche sie die Schädelhöhle und den Rückenmarkskanal verlassen.

Während wir in dem Centralnervensysteme ein in sich abgeschlossenes Ganzes finden, das ringsum von knöchernen Wänden eingeschlossen, schon durch diese Abgeschlossenheit die Concentrirung seiner Funktionen andeutet, sehen wir im Gegentheile die peripherischen Nerven überallhin durch den Körper verbreitet, alle Organe umspinnend und durchsetzend, und auf diese Weise einen direkten Zusammenhang der Körpertheile mit dem Centralnervensystem herstellend. Man begeht im gemeinen Leben noch oft den Fehler, die Nerven mit den Muskeln, besonders aber mit den Sehnen zu verwechseln, welche durch ihr äußeres Ansehen eine geringe Aehnlichkeit darbieten. Man hört ganz gewöhnlich von einer Wunde, welche die Sehnen oder Flechsen eines Gliedes getroffen und dadurch eine Lähmung hervorgebracht hat, es seien die Nerven durchschnitten worden; ein nerviger Arm und ähnliche Ausdrücke sind gang und gäbe, wenn man von einem stark gebauten, muskulösen Gliede sprechen will. Die Nervenstämme, selbst die dicksten, welche wir besitzen, sind nicht so bedeutend, daß sie unter der Haut vorträten; — es sind dünne, weiße, glänzende Stränge, welche meist von dem Centralnervensysteme her durch alle Theile des Körpers sich verbreiten, stets sich schwächend, indem sie Aeste abgeben und endlich in so dünne Zweiglein sich theilen, daß sie dem Auge sich entziehen.

Dem äußeren Ansehen nach kann man schon zweierlei Arten von Nerven im menschlichen Körper unterscheiden. Die einen haben die beschriebene atlasglänzende Weiße, eine gewisse Festigkeit und einen mehr gradlinigen Verlauf; — man kann sie von einem Theile ihres Stammes aus einerseits bis zu dem Centralnervensysteme verfolgen, aus welchem sie mit gesonderten Wurzeln entspringen, während sie anderseits in dem Körper sich an die einzelnen Sinnesorgane, an die Muskeln und die Haut zertheilen. Man nennt diese Nerven, da sie evident aus dem

Gehirne und Rückenmark entspringen, die Hirn- und Rückenmarknerven oder Cerebrospinalnerven. Dagegen findet man namentlich an den Eingeweiden und den Blutgefäßen röthlichgraue, weiche, vielfach untereinander verflochtene Fasern, die keine deutlichen Stämme und Zweige bilden, mit röthlich-weichen Knötchen, sogenannten Ganglien, in Verbindung stehen und als deren Hauptsammelplatz ein knotiger Grenzstrang erscheint, welcher auf der vorderen Fläche des Rückgrates jederseits von oben nach unten verläuft und durch Verbindungsäste mit den meisten Hirn- und Rückenmarksnerven, nicht aber direkt mit den Centralorganen in Verbindung steht. Man nennt diese Nerven sympathische, organische oder Ganglienнerven.

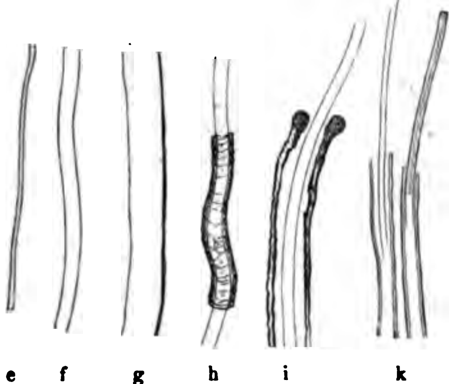


Fig. 19. Nervenfasern bei 350facher Vergrößerung. e. Feine; f. mittelbreite; g. breite dunkelrandige Nervenfaser in frischem Zustande von einem Kaninchennerven. h. Faser aus dem menschlichen Rückenmark. Man sieht den hellen Axencylinder und die zusammengezogene Scheide. i. Aehnliche Faser aus dem menschlichen Hirn. k. Uebergang der feinen Hirnfasern in Fasern mit Scheide aus dem Gehirn des Zitterrochens.

Jeder mit bloßen Augen oder unter der Loupe sichtbare Nervenast oder Stamm besteht aus einem Bündel feiner Röhren, welches in den Cerebrospinalnerven von einer deutlichen, mehr oder minder dicken festen Scheide umgeben ist. In dieser Scheide erst liegen die eigentlichen Primitivröhren der Nerven, welche, frisch untersucht, glashell und durchsichtig erscheinen, und bei

Beobachtung von oben einen fettigen oder wachsähnlichen Glanz zeigen. Ganz frisch untersucht und ohne Zusatz von irgend welchen Substanzen, welche das Ansehen der Nervenröhren außerordentlich leicht ändern, zeigen dieselben einfache, dunkele Contouren und einen hellen Inhalt, der durchaus homogen erscheint. Dieser Inhalt wird aber äußerst leicht verändert und namentlich durch Gerinnung so sehr in seinem Verhalten umgewandelt, daß er oft kaum erkennbar ist. Bei geeigneter Behandlung unterscheidet man aber in den Nervenröhren drei wesentliche Elemente : eine innere Centralfaser, weich, biegsam, aber elastisch, etwa wie geronnenes Eiweiß, aber vollkommen durchsichtig und homogen. Dieser Axencylinder der Nervenröhre bricht das Licht eben so, wie das zähflüssige, glänzende, ölartige Nervenmark, welches beim Drucke aus einer durchschnittenen Nervenröhre hervorquillt, und nach außen hin von der elastischen, strukturlosen, durchsichtigen, dunkelrandigen Scheide umgeben wird. Der Axencylinder, den viele Beobachter nicht als ein eigenes Gebilde, sondern nur als den inneren festeren Theil des Nervenmarkes ansehen, findet sich constant in allen Fasern, und setzt sich einerseits in die schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen, anderseits bis in die letzten peripherischen Aenderungen der Nervenröhren fort, so daß er als das hauptsächlichste, nie fehlende Element der Nervenfaser sich darstellt. Das flüssige Mark, welches den Axencylinder umgiebt, findet sich nur in den breiteren, dunkelrandigen Nervenröhren und nur in dem peripherischen Nervensysteme überhaupt. Die Röhren des Gehirnes und Rückenmarkes entbehren es gänzlich. Sein Fehlen bedingt die geringere Breite der Nervenfaser, auf welche man früher vieles Gewicht legte, im Verein mit der Scheide, die ebenfalls sowohl im Centralnervensysteme, wie an den letzten Endigungen der Nerven allmählich verschwindet, oder wenigstens vollkommen dünn und unsichtbar wird. Die Unterschiede, welche man früher zwischen dunkelrandigen und hellrandigen Nervenröhren, zwischen breiten und schmalen Primitivfasern festhalten wollte und von denen man gewisse Unterschiede in der Funktion

abhängig machen zu können glaubte, erscheinen den neuesten Untersuchungen zufolge weniger wesentlich, indem dieselbe Faser in ihrem Verlaufe von dem Centralnervensysteme bis zur letzten peripherischen Endigung sehr verschiedene Dicke und große Mannichfaltigkeit hinsichtlich ihrer Contouren und dem Verhalten des Markes und der Scheide zeigen kann.

Wir erwähnten oben der Ganglien oder Knoten, welche sich ganz algemein an dem sympathischen Nervensysteme finden. Ganz ähnliche Knoten zeigen sich aber auch an den hinteren Wurzeln aller Rückenmarksnerven, sowie an den Wurzeln einiger Hirnnerven, so daß in dieser Beziehung das sympathische Nervensystem nicht als etwas Besonderes angesehen werden kann. Der gleiche Schluß ergiebt sich, wenn man diese Ganglien mikroskopisch untersucht. Ihre graue Masse besteht aus den sogenannten Ganglienkugeln oder Ganglienkörpern, welche hinsichtlich ihres homogenen, zähen, mit Körnchen durchwebten Inhaltes durchaus den Zellen des Centralnervensystemes entsprechen, sich aber dadurch von ihnen unterscheiden, daß sie eine feste Hülle und keine sternförmigen Verlängerungen besitzen. Viele dieser Ganglienkugeln sind vollkommen rund und in sich abgeschlossen, andere, die sogenannten unipolaren Ganglienkörper, setzen sich nach einer Seite, noch andere, die bipolaren, nach zwei entgegengesetzten Seiten hin unzweifelhaft in Nervenfasern fort. Die Ganglien sind demnach zerstreute Centralorgane, in welchen ein Ursprung von Nervenfasern Statt findet, die zu den von dem Centralorgane kommenden Fasern hinzutreten, und dadurch eine Verstärkung des austretenden Nerven bewirken. Da, wo die unipolaren Ganglienkugeln vorherrschen, wie z. B. in den meisten Ganglien des Menschen, stellen die Ganglien wirklich zerstreute Centralorgane dar, welche zu den vorüberstreichenden, vom Hirn und Rückenmarke kommenden Fasern eine Verstärkung von Fasern senden, während bei den Fischen, wo die bipolaren Ganglienkugeln fast einzig vorkommen, jedes Ganglion fast nur ein in den Verlauf des Nerven eingeschobenes Erneuerungsorgan der Nervenwirkung darstellt.

Eine in physiologischer Hinsicht äußerst wichtige Frage ist die nach der Endigung der Nerven in den peripherischen Organen des Körpers. So lange die Anwendung des Mikroskopes noch eine äußerst beschränkte war, konnten nur Hypothesen über das Verhalten der Nervenenden aufgestellt werden. Man sah die Nerven in stets feinere Zweige und Zweiglein sich theilen, mit den letzten erkennbaren Aestchen in das Gewebe der Organe, welchen sie bestimmt waren, eindringen, konnte aber nicht die einzelnen Primitivröhren bis zu ihrem Ende verfolgen, um sich zu überzeugen, ob sie stets von dem umgebenden Gewebe isolirt blieben, oder aber mit demselben in ein untrennbares Ganze verschmölzen. Auch jetzt noch, wo angestrengte Untersuchungen mit allen erdenklichen Hülfsmitteln in verschiedenen Gebilden die Nervenendigung mit dem Mikroskope zu verfolgen suchten, sind noch viele Dunkelheiten unaufgeklärt. Man glaubte früher, daß eine jede Primitivröhre von ihrem Ursprunge bis zu ihrem peripherischen Ende hin vollkommen isolirt sei, daß sie mit keinem anderen Gewebe verschmelze und eigentlich gar kein peripherisches Ende besitze, sondern sich zuletzt schlingenförmig umbiege und wieder nach dem Centralorgane zurücklaufe. Man konnte demnach jeden Nerven als ein Bündel von isolirten Primitivröhren ansehen, die in den Aesten sich nicht theilen, sondern nur auseinanderweichen. Die Untersuchungen der Neuzeit haben diese Ansichten mannichfaltig modifiziren müssen. In den mit bloßem Auge sichtbaren Nerven kommen freilich nur wenige Theilungen vor. Die Primitivröhren laufen vollkommen isolirt neben einander her, wie eben so viel umsponnene Drähte eines elektrischen Leitungsapparates. Gegen das peripherische Ende zu theilt sich aber jede Primitivröhre unzweifelhaft mehrfach, und spaltet sich in immer feiner werdende Zweige. Gewöhnlich verlieren diese letzten Enden der Nerven die dickere Scheide, die dunkelrandigen Contouren hören auf und die letzten Enden der verzweigten Fasern werden wieder gänzlich den in den Centralorganen befindlichen Fasern ähnlich. Diese letzten Fasern verbinden sich unter einander schlingenförmig und bilden ein

Maschennetz, aus welchem vielleicht noch feinere Aeste abgehen, die sich frei in dem Gewebe enden. Bei Fröschen und Fischen sind in den Muskeln unzweifelhaft solche freie Endigungen gesehen worden, ebenso in dem elektrischen Organe des Zitterrochens, in der Haut des Frosches u. s. w. Ob dieselben auch bei Säugethieren und dem Menschen vorkommen, ist eine noch unerledigte Frage.

Es giebt in dem menschlichen Körper nur sehr wenige Nervenstämme, welche durchaus isolirt von dem Gehirne aus bis zu ihrem peripherischen Verbreitungsbezirke verlaufen; — die meisten verbinden sich durch sogenannte Anastomosen mit einander; viele auch verschmelzen mit anderen zu einem gemeinschaftlichen Stamme, der sich nicht ohne Zerreißung zerlegen läßt. Es wäre indeß falsch, wenn man glauben wollte, daß solche Verbindungen und Verschmelzungen auf wirklichem Zusammengehen der Nerven beruhe; es sind diese Anastomosen im Gegentheile nur Brücken, mittelst deren Bündel von Primitivröhren aus einem Stamme in den anderen übergehen, um auf der Bahn des anderen Nerven weiter zu verlaufen. Oft ist dieser Austausch wechselseitig und die übergehenden Primitivröhren kreuzen sich in der durch die Anastomose gebildeten Brücke; — oft aber verläßt auch nur ein Bündel von Primitivröhren den einen Nerven, um zu dem anderen Stamme überzutreten, ohne daß Reciprocität vorhanden wäre. Es ist wohl denkbar, daß eine und dieselbe Primitivröhre auf diese Weise mehrere Nervenstämme theilweise begleitet, um dann wieder auf einen anderen Stamm überzuspringen; nichts destoweniger bleibt die Primitivröhre in ihrem ganzen Laufe isolirt, so weit dieser innerhalb der mit bloßem Auge sichtbaren Nerven Statt findet.

Unter dem Namen der Nervenwurzeln bezeichnet man die Nervenbündel, welche an den Seiten des Gehirnes und Rückenmarkes hervortreten, um sich zu Stämmen zu vereinigen und nach den verschiedenen Körpertheilen zu begeben. So wie das Centralnervensystem, so zeigen auch die peripherischen Nerven eine durchaus symmetrische Anordnung; — alle Cerebrospinalnerven sind paarig im Körper vorhanden und haben einen durch-

aus paarigen Verlauf in beiden seitlichen Körperhälften. An dem Gehirne des Menschen und der meisten Wirbelthiere unterscheidet man 12 Paare von Nerven, während das Rückenmark 31 Nervenpaare liefert. Die ersten treten durch Löcher, welche sich in der Schädelbasis befinden, aus dem knöchernen Schädel hervor; die Rückenmarksnerven verlassen den Kanal mittelst eigener Löcher, welche sich zwischen je zwei Wirbeln finden. Jeder Rückenmarksnerve hat zwei Wurzeln, die deutlich von einander getrennt sind; beide Wurzeln entspringen an der Seitenfläche des Rückenmarkes, die vordere aber mehr gegen den Bauch, die hintere mehr gegen den Rücken hin. Man kann so durch Querschnitte das Rückenmark in eben so viel Segmente theilen, als Nervenpaare entspringen; denn die beiden Wurzeln eines jeden Nerven entspringen in derselben Horizontallinie, wenn man das Rückenmark des stehenden Menschen betrachtet, oder, wenn man das Rückenmark horizontal gelegt denkt, in derselben senkrechten Linie. Beide Wurzeln convergiren nach dem Austrittsloche hin; unmittelbar aber vor ihrer Vereinigung zeigt die hintere Wurzel eine knotenförmige graue Anschwellung, ein wahres Ganglion, in welchem auch wirkliche Ganglienkugeln liegen. Die Unterscheidung dieser beiden Wurzeln, der hinteren, mit einem Ganglion versehenen, und der vorderen ganglienlosen Wurzel, ist von der höchsten Bedeutung für die Physiologie, da, wie wir in der Folge sehen werden, beiden durchaus verschiedene Funktionen zukommen.

Die Nerven, welche vom Gehirne ihren Ursprung nehmen, entstehen sämmtlich, ohne Ausnahme, in dem Hirnstamme auf der unteren Fläche des Gehirnes; die Gewölbtheile stehen durchaus in keinem Zusammenhange mit den 12 Paaren von Nerven, welche dem Schädeltheile des Centralnervensystemes entspringen. So weit bis jetzt die noch sehr unvollständigen Untersuchungen Aufschluß geben, hat jedes Nervenpaar einen im Hirnstamme gelegenen Kern grauer Substanz, von welchem es seinen Ursprung nimmt, und nachdem es die äußerlich umhüllende weiße Substanz des Gehirnes durchsetzt hat, erscheint es auf der Unterfläche

desselben, um meist nach kurzem Laufe durch ein oder mehrere Löcher des knöchernen Schädels nach den peripherischen Organen vorzudringen.

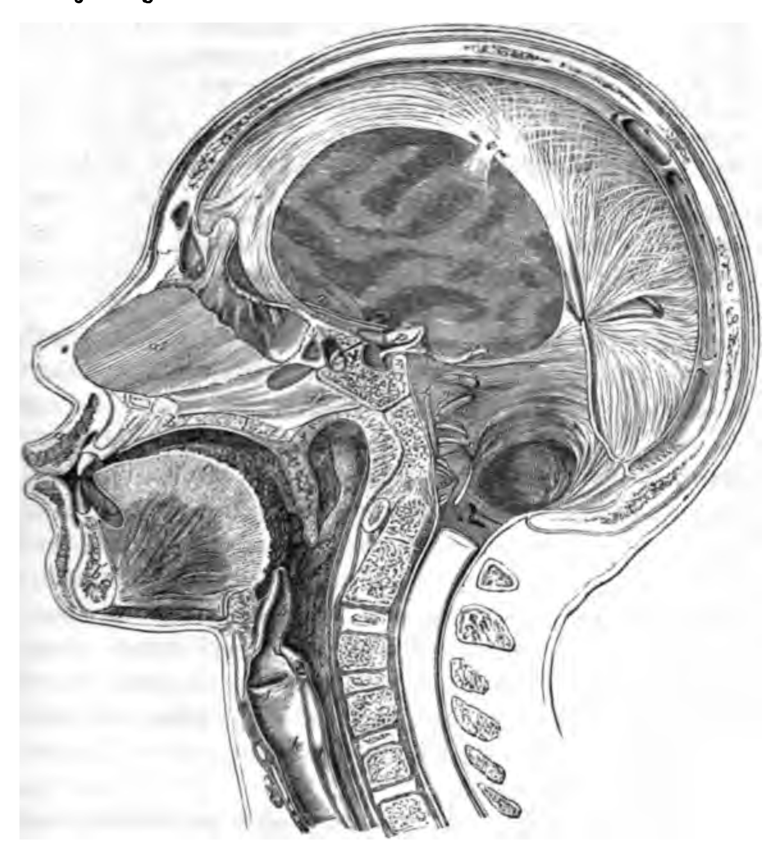


Fig 20.

Senkrechter Durchschnitt des Kopfes. Das Gehirn ist herausgenommen, so daß man die Falten der harten Hirnhaut, besonders die Hirnsichel und das Hirnzelt, so wie sämmtliche Nervenwurzeln sieht.

Man hat die verschiedenen Nervenpaare des Gehirnes von vorne nach hinten mit Nummern bezeichnet, welche ich hier nebst den ebenfalls gebräuchlichen, meist von der Funktion entnommenen Namen, anführen will :

Erstes	Paar: Riechnerve	Nervus	Olfactorius,	o	Fig. 20.
Zweites	„ Sehnerve	„	Opticus,	p	„ „
Drittes	„ Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerve . . .	„	Oculomotorius,	q	„ „
Viertes	„ Pathetischer Nerve . .	„	Patheticus,	r	„ „
Fünftes	„ Dreigetheilter Nerve . .	„	Trigeminus,	s	„ „
Sechstes	„ Abziehnerve des Auges .	„	Abducens,	t	„ „
Siebentes	„ Gesichtsnerve	„	Facialis,	u	„ „
Achtes	„ Hörnerve	„	Acusticus,	v	„ „
Neuntes	„ Zungen-Schlundkopfnerve	„	Glossopharyngeus,	w	„ „
Zehntes	„ Herumschweifender Nerve	„	Vagus,	x	„ „
Elftes	„ Beinerve	„	Accessorius,	y	„ „
Zwölftes	„ Zungenfleischnerve . .	„	Hypoglossus,	z	„ „

Faßt man die Nerven hinsichtlich ihrer Verbreitung und der aus derselben schon hervorgehenden Funktion in das Auge, so ergeben sich mehrere bestimmte Klassen.

Der Mensch besitzt außer dem allgemeinen Tastsinne, der überall auf der Haut verbreitet und kaum als an ein besonderes Organ gebunden gedacht werden kann, vier eigenthümliche spezielle Organe für spezifische Sinnesempfindungen: die Nase für den Geruch, das Auge für das Gesicht, das Ohr für das Gehör, und die Zunge nebst den hinteren Theilen des Rachens für den Geschmack. Jede dieser spezifischen Sinnesempfindungen wird auch durch einen besonderen Nerven vermittelt, wir haben einen Riechnerven, Sehnerven, Hörnerven und Geschmacksnerven, der in dem neunten Paare, dem Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus, gegeben ist.

Alle spezifischen Sinnesnerven gehören dem Gehirne an.

Wir besitzen ferner eine zweite Klasse von Nerven, welche einzig und allein in Muskeln sich verbreiten, reine Muskelnerven, deren Wurzeln bei der Durchschneidung durchaus keinen Schmerz erzeugen, und bei welchen diese Verletzung nur den Verlust der Bewegung zur Folge hat.

Es gehören hierher die drei Paare von Augenmuskelnerven, das dritte, vierte und sechste Hirnnervenpaar, Oculomotorius, Patheticus und Abducens, das siebente Paar oder der Facialis,

welcher die Bewegungen des Antlitzes vermittelt, das elfte und zwölfte Paar, der Beinerve oder Accessorius, von welchem einige besondere Athembewegungen abhängen, und endlich der Hypoglossus oder Muskelnerve der Zunge.

Die zwei übrigen Nervenpaare des Gehirnes, nämlich dreigetheilter und herumschweifender Nerv, so wie sämmtliche Nerven des Rückenmarkes ohne Ausnahme sind gemischte Nerven, indem sie sowohl Bewegung als Empfindung vermitteln, sich sowohl in bewegenden als empfindenden Organen verbreiten, und somit stets ihre Verletzung gemischte Funktionsstörungen zur Folge hat.

Wir erwähnten schon oben jenes eigenthümlichen Nervensystemes, das man mit dem Namen des organischen, sympathischen oder Gangliensystemes bezeichnet. Hier fehlt jede Centralisation. Eine Menge von einzelnen Ganglien und Ganglienhaufen sind überall unter den größeren Eingeweidegruppen zerstreut und durch vielfache Fäden mit einander verbunden, die zugleich an allen Eingeweiden sich verbreiten, die größeren und kleineren Blutgefäße umspinnen und viele sogenannte Geflechte bilden, von welchem das größte, das Sonnengeflecht, etwa in der Gegend der Herzgrube, aber ganz in der Tiefe auf der Aorta aufliegt. Außer den vielfach zerstreuten Geflechten findet sich dann noch eine Reihe durch kurze Zwischenstränge mit einander verbundener Ganglien, die zusammen den Stamm oder Grenzstrang des Sympathicus bilden und von allen Rückenmarksnerven einen Zweig erhalten. Die Ganglien des Grenzstranges, der jederseits der Wirbelsäule parallel läuft, liegen den Zwischenwirbellöchern gegenüber, so daß man Hals-, Brust- und Bauchganglien unterscheiden kann. Der oberste Halsknoten, der etwa vor dem zweiten Halswirbel liegt, ist eines der größten dieser Ganglien, und die von ihm ausgehenden Zweige und Geflechte stehen mit den meisten Hirnnerven, besonders den gemischten, durch Zweige in Verbindung. Im Ganzen kann man sagen, daß das sympathische Nervensystem sich nur an solche Theile verbreitet, die im normalen Zustande weder Empfindung

noch willkürliche Bewegung zeigen, und daß weder die willkürlichen Muskeln noch die Sinnesorgane in seinen Verbreitungsbezirk fallen.

Es geht aus dieser kurzen Andeutung der anatomischen Verhältnisse des Nervensystemes hervor, daß es wie das Blutgefäßsystem ein allgemein durch den Körper verbreitetes System ist, dessen einzelne Theile überall in bestimmter Beziehung zu einem Centralorgane stehen, von welchem der Impuls der verschiedenen Funktionen ausgeht. So wie die unendlich verzweigten Canäle, welche dem Blutstrome angewiesen sind, alle vom Herzen ausgehen und zu dem Herzen zurückführen, so führen auch die verwickelten Netze des Nerven stets wieder zu dem Centralorgane ihres Systemes, zu Hirn und Rückenmark. Während aber der Inhalt des Blutsystemes in ewig kreisender Bewegung sich umschwingt und seine Thätigkeit nur in der Bewegung gedacht werden kann, ist das Nervensystem im Gegentheile durch Bewegungslosigkeit ausgezeichnet. Wir finden hier keine arbeitende Pumpe, durch welche die Nervensäfte in stetem Umschwunge erhalten werden; kein sichtbares Strömen innerhalb der Kanäle, durch welche die Empfindung und der Willen fortgepflanzt werden, und dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß die Fortleitung und Mittheilung im Nervensysteme weit schneller von Statten gehe, als im Blutsysteme.

Die Kenntniß über die Funktionen des Nervensystemes im Allgemeinen, so wie über die Eigenschaften der einzelnen Nerven insbesondere, hängt fast einzig und allein von dem Experimente am lebenden Thiere oder von den Erfahrungen ab, welche Krankheiten oder Verletzungen am Menschen zeigen. Letztere Quelle aber fließt nur sehr spärlich und meist auch nur sehr trübe. Bei der unglücklichen Eigenschaft der Medizin, jede Frage, mit der sie sich beschäftigt, zu verwirren, statt aufzuklären, und für jede Ansicht eben so viel Beweise als Gegenbeweise anzuführen, wären wir noch immer im Dunkeln, wenn nicht die Vivisektion uns ihr Scalpell geliehen hätte. Die meisten Nervenstämme und Nervenwurzeln sind demselben zugänglich, sie können

durchschnitten, zerstört, ihre Funktion vernichtet werden, und die Erscheinungen, welche nach einem solchen Eingriffe auftreten, geben Aufschluß über die Funktion des zerstörten Nerven. Wenn nach Durchschneidung eines gewissen Nervenstammes jedesmal bestimmte Muskeln gelähmt werden und ihren Dienst versagen, gewisse Hautstellen unempfindlich werden, so daß man sie zerfleischen, mit glühenden Eisen brennen kann, ohne daß die geringste Schmerzensäußerung auf solche Eingriffe erfolgt, so schließen wir natürlich aus dem Nichtvorhandensein der Empfindung, aus der Unmöglichkeit der Bewegung, die als Folge der Durchschneidung auftritt, daß die Funktion des durchschnittenen Nerven eben in Vermittelung der Empfindung und Bewegung bestehe. Wir dürfen offen sagen, daß wir nur da über die Funktion der Nerven etwas Bestimmtes wissen, wo uns das angeführte Mittel der Analyse zu Gebote steht; an den organischen Nerven hat es bis jetzt größten Theils fehl geschlagen, da die unendliche Vertheilung ihrer einzelnen Stämmchen, der Mangel an Centralisation ihrer Fäden sowohl als ihrer Ganglien, bis jetzt unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt haben. Von den Funktionen der Centralorgane stehen nur diejenigen fest, welche ebenfalls durch Analyse der Erscheinungen sich ergeben, die bei Thieren nach Abtragung einzelner Theile sich zeigen. Die größere Hälfte der Gehirnfunktionen, nämlich die Beziehung dieses Organes zu den Geistesthätigkeiten, liegt nur deshalb noch im Dunkeln, weil eben es unmöglich ist, die Gedanken eines Thieres zu sehen und sich von den Veränderungen zu überzeugen, die nach Verletzung der Hirntheile in seinen Geistesthätigkeiten eintreten. Wir können auf die größere oder geringere Schmerzempfindung eines Thieres aus seinem Schreien, aus seinen abwehrenden Bewegungen schließen, und auch annähernd daraus auf die Intensität seiner Empfindungen; wir können die nach Verletzung eines Hirntheiles auftretende Lähmung, die nach Reizung erscheinenden Zuckungen einzelner Theile constatiren; — aber auch nicht mehr. Das Verhältniß der Hirntheile zu den Geistesfunktionen kann nie und nimmermehr auf

anderem Wege ermittelt werden, als auf dem Wege der Beob=achtung kranker Zustände und Verletzungen des Gehirnes; die Thätigkeit des organischen Nervensystemes konnte ebenfalls bis jetzt größten Theils nur auf demselben Wege, welcher der Medizin anvertraut ist, gefunden werden — von beiden wissen wir thatsächlich so viel als — Nichts!!

Elfter Brief.

Die Funktionen der Nerven.

Bricht man bei einem lebenden Thiere, am besten bei einem jungen Hunde, wo die Knochen noch weich sind, den Wirbelkanal in der Lendengegend auf, und legt auf diese Weise das Rückenmark in seinem unteren Theile blos, so zeigen sich die doppelten, vom Rückenmarke entspringenden Wurzeln der verschiedenen Nervenstränge, welche zu den hinteren Extremitäten gehen. Die hinteren, mit einem Ganglion versehenen Wurzeln liegen frei und offen dem Blicke dar; hebt man diese Wurzeln auf, um in die Tiefe schauen zu können, so findet man in entsprechender Reihe die vorderen ganglienlosen Wurzeln. Beim Berühren, Kneipen oder Stechen der hinteren Wurzeln, bei ihrer Reizung mittelst der beiden Poldrähte einer galvanischen Säule, geben die Thiere die lebhaftesten Schmerzensäußerungen. Führt man nun ein feines Messerchen unter diesen hinteren, mit Ganglien versehenen Wurzeln durch und schneidet sie ab, so schreien die Thiere im Momente der Durchschneidung laut auf. Die durchschnittenen Enden, welche nicht mehr mit dem Rückenmark in Verbindung stehen, kann man nun mißhandeln, wie man will, es erfolgt keine Schmerzensäußerung, während die leiseste Berührung der noch an dem Rückenmarke hängenden Wurzelstümpfe auch die vorherigen Schmerzensäußerungen hervorruft. Hat man nun die Vorsicht gehabt, die hinteren Wurzeln sämmtlicher Nerven, welche in einen Fuß gehen, auf der einen

Seite zu durchschneiden, so ist die Empfindlichkeit in dem ganzen Fuße durchaus aufgehoben. Man kann den Fuß, dessen hintere Nervenwurzeln durchschnitten sind, mit glühenden Eisen brennen, der Hund giebt nicht das geringste Zeichen von Schmerz, während unmittelbar vor der Durchschneidung schon ein Nadelstich ihn zum Schreien brachte.

Gänzliche Empfindungslosigkeit der Theile, zu welchen ein Nerve sich begiebt, ist demnach unmittelbare Folge der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln eines Nerven.

Ganz andere Resultate zeigen sich bei Reizung und Durchschneidung der vorderen Wurzeln, welche kein Ganglion besitzen. Jede Reizung derselben ist unmittelbar von einer heftigen Contraktion derjenigen Muskeln gefolgt, in welchen sich der betreffende Nerve vertheilt. Bei jeder Schließung und Oeffnung einer galvanischen Kette, mit welcher man die vordere Wurzel in Verbindung setzt, entsteht eine Zuckung der Muskeln. Nach Durchschneidung der Wurzeln ist es dem Thiere unmöglich, den Fuß zu bewegen. Kneipt man es an dem gelähmten Fuße, so schreit es auf, sucht zu entfliehen, strengt sich an, durch Bewegungen den Schmerz abzuwehren, allein alle Anstrengungen bleiben fruchtlos; die Muskeln sind unbeweglich, der Fuß vollkommen gelähmt. Kneipt man die Wurzelstümpfe, welche noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen, so erfolgt weder Schmerzensäußerung, noch Reaktion in irgend einem Theile; reizt man hingegen die mit den Nerven zusammenhängenden Wurzeln, welche vom Rückenmarke getrennt sind, so erfolgen die Bewegungen und Muskelzuckungen ganz so, wie wenn sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen würden.

Gänzliche Lähmung der Bewegung befällt demnach diejenigen Glieder, an deren Nerven die vorderen ganglienlosen Rückenmarkswurzeln durchschnitten sind.

Die genannten Versuche gehören zu den grausamsten, welche man an Säugethieren anstellen kann; ihre Resultate sind aber auch so durchaus schlagend, daß nicht der mindeste Einspruch dagegen erhoben werden kann. An Fröschen sind sie leicht an-

zustellen und man trennt nicht selten hier an dem linken Fuße z. B. alle hinteren, an dem rechten alle vorderen Wurzeln, um so die entgegengesetzten Phänomene an demselben Thiere auf verschiedenen Seiten zu sehen. Der rechte Fuß ist gelähmt, der Frosch kann ihn nicht mehr bewegen, er schleift ihn beim Kriechen nach, da ihm das Hüpfen unmöglich ist. Sticht oder kneipt man aber den gelähmten Fuß, so sucht der Frosch zu entrinnen und mit dem linken Fuße das Instrument, das ihm Schmerz verursacht, abzustreifen. Derselbe linke Fuß aber, der alle Bewegungen so vollkommen ausführt und so sichtlich dem Willen gehorcht, ist durchaus unempfindlich; man kann eine glühende Kohle auf ihn legen, ohne daß der Frosch nur daran denkt, den Fuß wegzuziehen.

Es beweisen diese Versuche auf das Schlagendste, daß die beiden Wurzeln eines Rückenmarksnerven durchaus verschiedene Funktionen haben, daß die eine, die mit einem Ganglion versehene hintere die Empfindung, die vordere dagegen die Bewegung vermittelt, und daß diese Nervenwurzeln nur dann noch einer Funktion fähig sind, sobald sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen. Sobald dieser unmittelbare Zusammenhang auf irgend eine Weise, mittelst der Durchschneidung, ja selbst nur durch Zusammenschnüren oder starken Druck aufgehoben ist, existirt die Funktion des Nerven für das Thier nicht mehr; Empfindung wie Bewegung sind ihm beide gleich unmöglich.

Durchaus die gleichen Erfahrungen macht man bei Durchschneidung der einzelnen Wurzeln der Hirnnerven. Diejenigen, welche wir als reine Muskelnerven bezeichneten, wie der Zungenfleischnerv, die Augenmuskelnerven u. s. w., sind unfähig, Schmerzensempfindung zu erregen, während unmittelbare Lähmung der von ihnen versorgten Muskeln die Folge der Verletzung ist. Das fünfte Paar verhält sich durchaus wie ein Rückenmarksnerve; seine große, mit einem Ganglion versehene Wurzel ist außerordentlich empfindlich, seine kleinere Wurzel nur der Bewegung bestimmt.

Die Reizung und Durchschneidung der vier Sinnesnerven dagegen bewirkt durchaus verschiedene Erscheinungen. Die Durchschneidung des Sehnerven, welche auch beim Menschen zuweilen vorgenommen wird, wenn es sich um Ausrottung eines krebsigen Auges handelt, ist nicht schmerzhaft, sie bewirkt keine Lähmung der Augenmuskeln; — im Momente der Durchschneidung aber sieht der Operirte eine hellglänzende Lichterscheinung, ein Feuermeer, das plötzlich in dunkle Nacht versinkt. Thiere, deren Sehnerven man isolirt reizt oder durchschneidet, geben weder Schmerzensäußerungen, noch zeigen sich die Bewegungen des Auges verändert, wohl aber ist das Sehvermögen aufgehoben. Das Auge, dessen Sehnerve zerstört ist, empfindet kein Licht mehr, man kann eine brennende Kerze demselben nähern und mit dem Finger dagegen fahren, ohne daß die Augenlieder blinzeln, wie dies bei sehenden Augen geschieht. Man hat ziemlich häufig Fälle beobachtet, wo der Sehnerve beim Menschen krankhaft zerstört, durch Geschwülste zusammengedrückt war — stets zeigte sich unheilbare Blindheit als Symptom einer solchen Entartung. Ein gleiches zeigt sich bei den übrigen Sinnesnerven. Nach Durchschneidung, krankhafter Zerstörung oder bei angeborenem Mangel der Geruchsnerven fehlt die spezifische Empfindung der Nase; die unheilbare angeborene Taubheit der taubstummen Kinder namentlich beruht oft auf Entartung oder Mangel der Hörnerven; — Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven hat den Verlust des Geschmackes zur Folge, ist aber an sich ebenfalls durchaus schmerzlos.

Wir können demnach unter den peripherischen Nervenfasern, die vom Centralnervensysteme ausgehen, drei Klassen wesentlich verschiedener Funktionen unterscheiden. Die einen vermitteln die Empfindungen, welche auf das allgemeine Gefühl einwirken, ihre Reizung bedingt stets einen gewissen Schmerz, der je nach dem Grade der Reizung sich steigert, es sind dies die *sensiblen* oder *fühlenden* Nervenfasern.

Die anderen bedingen ebenfalls Empfindungen; — die Richtung ihrer Thätigkeit geht ebenfalls von der Peripherie nach dem

Centrum; allein es sind nur spezifische Empfindungen, durch besondere Apparate vermittelt, welchen sie zugänglich sind : man nennt sie die sensuellen oder Sinnesnerven.

Die dritte Klasse endlich bedingt die willkürlichen Bewegungen; sie vermitteln die Zusammenziehungen der Muskeln : es sind die motorischen oder bewegenden Nervenfasern.

Die sensiblen wie die sensuellen Nervenfasern stimmen hinsichtlich ihrer Funktion darin mit einander überein, daß sie Empfindungen jeglicher Art von außen dem Gehirne zuleiten; die Tastempfindung, Licht, Schall, Geruch und Geschmack werden an einem gewissen Körpertheile aufgenommen und dem Centralorgane zugeleitet. Die Richtung der Thätigkeit dieser Nerven geht deshalb von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum. Anders verhält es sich mit den motorischen Nervenfasern : diese nehmen keine Empfindungen auf; sie vermitteln aber die Leitung des Willens vom Gehirne aus zu den Muskeln; durch sie sind wir Herren unserer Bewegungen und befehlen gleichsam dieser oder jener Muskelfaser, sich zusammenzuziehen und so eine bestimmte Bewegung auszuführen, die wir beabsichtigen. Die Thätigkeitsrichtung dieser Nervenfasern geht somit von Innen nach Außen : die Leitung in den bewegenden Nerven ist centrifugal, die in den empfindenden Nerven centripetal.

Diese Ansicht geht auf die natürlichste und einfachste Weise als erste Schlußfolgerung aus den Versuchen und Beobachtungen hervor.

Berücksichtigt man aber weitere Verhältnisse und namentlich die Resultate, welche aus der elektrischen Untersuchung der Nerven hervorgehen, so findet man, daß dieser Unterschied zwischen centripetaler und centrifugaler Leitung nur scheinbar ist, nur in der Funktion hervortritt, nicht aber in dem Wesen der Primitivfasern begründet ist. Jede Primitivfaser leitet den Reiz, der sie trifft, nach beiden Seiten hin — die Wirkung hängt von den Organen ab, mit denen die Primitivfaser an beiden Enden in Verbindung steht. Die centripetal verlaufenden Reizungsschwin=

gungen, wenn ich mich so ausdrücken darf, finden nur an dem Gehirnende der empfindenden Fasern Nervenelemente, welche die Reizung dem Bewußtsein mittheilen; im Muskelnerven finden sie dieselben nicht und gehen verloren. Umgekehrt finden die centrifugal verlaufenden Reizungsschwingungen nur im peripherischen Ende des Muskelnerven ein Organ, den Muskel, der durch Zusammenziehung den Reiz beantwortet — im Empfindungsnerven geht diese Reizungsschwingung spurlos verloren, aus Mangel eines Organes, das sie aufnimmt. Die spezifische Funktionsverschiedenheit aller Nervenfasern liegt demnach nicht in ihnen selbst, sondern in den beiden Endpunkten, centralem wie peripherischem, zwischen denen sie ausgespannt sind. Für den gewöhnlichen Gebrauch ist aber die eben gegebene Unterscheidung nichts desto weniger wichtig, da sie unmittelbar die Verschiedenheit dieser Endpunkte angiebt.

Die Resultate, welche aus den Versuchen über die Nervenwurzeln hervorgehen, erhalten sich für den ganzen Verlauf einer jeden einzelnen Primitivröhre. So wie eine jede derselben während ihres ganzen Verlaufes anatomisch vollkommen isolirt ist, so ist sie es auch in funktioneller Hinsicht. Nur diejenigen Primitivröhren, welche von einem Reize getroffen werden, reagiren darauf in der ihnen eigenthümlichen Weise, und die übrigen, welche neben ihnen in demselben Nervenbündel liegen, nehmen auf keine Weise an dieser Reaktion Antheil. Die Reaktion bleibt aber auch dieselbe, ob man nun die Primitivröhre an ihrem Austritte aus dem Rückenmark in der Wurzel, im Stamme oder in der Nähe ihres peripherischen Endes angreife, das Resultat bleibt dasselbe, die auf die Reizung erfolgende Reaktion des Nerven in seiner eigenthümlichen Weise durch Schmerz, Sinnesempfindung oder Bewegung findet auf der ganzen Länge des Verlaufes Statt.

Jede Primitivröhre eines peripherischen Nerven bildet demnach eine in sich isolirte Leitungsröhre, die von ihrem Endbezirk bis zu ihrem Eintritte in das Centralorgan dieselbe Funktion beibehält.

Aus dieser Isolirung einer jeden einzelnen Primitivröhre in ihrem peripherischen Verlaufe läßt sich zugleich durch physiologische Versuche ermitteln, welches eigentlich die Verbreitungsbezirke jeder einzelnen Gruppe von Primitivröhren seien, die in einem Nervenbündel zusammengefaßt sich nicht mehr anatomisch verfolgen lassen. Viele Nerven entstehen aus Geflechten, sogenannten Plexus, die auf die Weise erzeugt werden, daß mehrere Nervenbündel sich zu einem Stamme vereinigen, welcher später sich aufs Neue verzweigt. Die Verfolgung des Weges, den die einzelnen Primitivröhren in diesen Geflechten durch den Stamm hindurch bis in die Aeste nehmen, ist dann dadurch möglich, daß man aus der Reaktion an verschiedenen Stellen auf die Fortsetzung der Röhren in dem Zwischenraume schließt. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Weg mancher Fasern äußerst complizirt ist, und daß namentlich durch die Geflechte des sympathischen Nervensystemes hindurch einzelne Primitivröhren oft einen Verbreitungsbezirk finden, den man ihnen ihrem Ursprunge nach nicht zutrauen sollte. Die Untersuchung des Verbreitungsbezirkes der einzelnen Nerven ist demnach eine wichtige Aufgabe für die Physiologie, und die Feststellung dieses Verbreitungsbezirkes und damit auch der Wirkung des Nerven selbst ist nicht nur an sich, sondern auch in ihren Folgen für Medizin und Chirurgie äußerst einflußreich. In physiologischer Hinsicht kann es zwar am Ende ziemlich gleichgültig sein, ob die Nervenfasern, welche ein paar Muskeln des Fußes in Bewegung setzen oder das Gefühl eines Stückes Haut vermitteln, diesem oder jenem Stamme sich zugesellen; — für den Arzt aber, der aus vorhandenen Schmerzen, aus abnormen Bewegungen, aus Lähmung einzelner Theile auf krankhafte Veränderungen zurückschließen soll, die vielleicht an einer ganz anderen Stelle des Körpers ihren Sitz haben, ist dieser Gegenstand von der höchsten Wichtigkeit. Nicht minder vergrößert sich das Interesse an den Funktionen der einzelnen Nerven für den Physiologen, wenn diese Verbreitungsbezirke auf solche Apparate fallen, welche zu den größeren Prozessen des Lebens, zu Athmung, Blutlauf,

Verdauung eine bestimmte Beziehung haben. In dieser Hinsicht sind besonders einige Hirnnerven interessant, von deren Funktionen wir hier eine kurze Skizze geben wollen.

Der dreigetheilte Nerve oder das fünfte Hirnnervenpaar ist, wie oben bemerkt wurde, ein gemischter Nerve, der aus zwei Wurzeln, einer großen, vorzugsweise empfindlichen, und einer kleinen, nur motorischen Wurzel entspringt. Ein großes Ganglion, der sogenannte Gasser'sche Knoten, ist vorzugsweise an der größeren sensitiven Wurzel ausgebildet, so daß die Struktur des Nerven im Ganzen der eines Rückenmarksnerven ziemlich ähnlich sieht. Mittelst eines eigenen kleinen Instrumentes gelingt es bei Kaninchen und jungen Hunden, wo die Schädelwandungen nicht allzu fest sind, ziemlich leicht, ohne Verletzung anderer Theile den Nerven innerhalb der Schädelhöhle vollständig zu durchschneiden und so seine Funktion gänzlich aufzuheben. Die Erscheinungen, welche dieser Operation folgen, stimmen gänzlich mit den Symptomen überein, welche sich bei Menschen fanden, deren dreigetheilter Nerve durch irgend eine Ursache gelähmt war. Der Nerve ist vorzugsweise der Empfindungsnerve des Gesichtes. Man kann sagen, daß nach seiner Lähmung die ganze Hälfte des Vorderkopfes, zu welcher sich der Nerv verzweigt, empfindungslos geworden ist. Die Stirn- und Wangenhaut, die innere Schleimhaut der Nase und der ganzen Mundhöhle sind durchaus unempfindlich. Man kann mit einer Nadel in die Wange, in die Zunge, in die Nase stechen, ohne daß der Kranke die mindeste Empfindung davon hat. Ja man kann mit der Nadel oder einem Stückchen Papier auf dem geöffneten Auge oder unter den Augenliedern herumkratzen, ohne daß der mindeste Schmerz erzeugt wird. Diese Empfindungslosigkeit hat mancherlei Erscheinungen im Gefolge. Trinkt ein Kranker, dessen Nerv auf der einen Seite gelähmt ist, so kömmt es ihm vor, als ob aus dem Glase auf der entsprechenden Seite ein Stück ausgebrochen sei; kaut er, so scheint der Bissen, welcher auf die empfindungslose Seite der Zunge und der Zähne kommt, aus dem Munde gefallen. Oft auch zerbeißt der Kranke seine Zunge

auf der leidenden Seite, weil ihn keine Schmerzempfindung benachrichtigt, daß dieselbe unter die Zähne gekommen sei. Da zugleich die Kaumuskeln, welche von der kleinen Wurzel des dreigetheilten Nerven versorgt werden, auf der entsprechenden Seite gelähmt sind, so gewöhnt sich der Kranke nach und nach, nur auf der gesunden Seite zu kauen. Auch die Absonderungen sind auf der kranken Seite gestört. Die Bindehaut des Auges, die nicht mehr so ausgiebig von der Thränenflüssigkeit benetzt wird, erscheint trocken, wie die Schleimhaut der entsprechenden Nasenhöhle, und in Folge dieser Trockenheit entstehen leicht Entzündungen, Schorfbildungen, die bis zu eiteriger Zerstörung des Auges fortgehen können.

Dem dreigetheilten Nerven gerade entgegengesetzt ist in seiner Wirkung der Antlitznerv oder das siebente Nervenpaar. Dieser ist der Bewegungsnerv des Gesichtes: er bedingt den mimischen Ausdruck, das die Empfindungen begleitende Mienenspiel. Nach seiner Lähmung, die man zuweilen auf Universitäten in Folge einer richtig geführten steilen Quarte zu beobachten Gelegenheit hat, hängen die Muskeln der entsprechenden Seite schlaff herab, die Augenlieder müssen mit den Fingern geöffnet werden, und aus dem gelähmten Mundschenkel fallen leicht Speisen und Getränke heraus. Dauert die Lähmung länger an, so wird allmählich das Gesicht auf die gesunde Seite gezogen, da die gelähmten Muskeln der kranken Seite nicht mehr denen der entgegengesetzten Gesichtshälfte das Gleichgewicht halten.

Eines der merkwürdigsten Nervenpaare hinsichtlich seiner Vertheilung im Körper ist das zehnte oder herumschweifende Paar. Es entspringt weit hinten an dem verlängerten Marke, mit einer Menge von Fasern, die großen Theils fühlend und nur sehr wenig motorisch sind. Gleich nach seinem Ursprunge aber nimmt es den größten Theil der Fasern des rein motorischen elften Paares, des Beinerven, auf, und läuft nun an dem Halse zur Seite der großen Halsschlagader herab. Der äußere Gehörgang, ein Theil des weichen Gaumens, der Schlundkopf, Schlund und Magen, Kehlkopf, Luftröhre, Lungen und

Herz werden nun von den Zweigen der so vereinigten Nerven versehen, und somit stehen auch die Funktionen der Ernährung und Verdauung, der Athmung und des Kreislaufes, welche zum Theil an die genannten Organe gebunden sind, mit dem herumschweifenden Nerven in nächstem Zusammenhange. Durch seine Verbindung mit dem Beinerven ist der herumschweifende Nerv zugleich ein gemischter geworden, und steht nun in wesentlicher Beziehung zu den Bewegungen sowohl als auch zu den Empfindungen.

Die Durchschneidung des herumschweifenden Nerven ist ungemein schmerzhaft; die Thiere schreien laut auf, sind aber hernach unempfindlich an den von ihm versorgten Theilen. Kitzeln des Kehlkopfes, der inneren Fläche der Luftröhre, was sonst Husten hervorbringt, hat keine Wirkung. Der untere Theil der Speiseröhre ist gelähmt; — durch Niederschlucken bringen die Thiere Speisen und Flüssigkeiten bis etwa in die halbe Länge des Schlundes, wo sie liegen bleiben, den gelähmten Schlund ausdehnen und endlich durch Erbrechen wieder herauf befördert werden. Man sieht so operirte Hunde Tage lang sich abquälen, indem sie das Erbrochene stets wieder auffressen, hinabschlucken und von Neuem erbrechen. Hat man eine künstliche Magenöffnung vorher gemacht, so daß man in dieses Organ hineinschauen kann, so findet man, daß die Magenbewegungen nicht verändert sind, daß dagegen die Absonderung des Magensaftes längere Zeit nach der Durchschneidung des herumschweifenden Nerven deshalb geringer wird, weil gar keine Flüssigkeit zum Ersatz der Absonderungen in das Blut gelangt. Spritzt man Wasser in den Magen, so wird dieses vollkommen aufgesaugt und gleich darauf stellt sich die Absonderung des Magensaftes und die Verdauung in normaler Weise ein. Die Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung der herumschweifenden Nerven an dem Magen beobachtet, hängen deshalb weder von dem Aufhören der Magenbewegungen, noch von dem Aufhören der Magensaftabsonderung und einer dadurch bedingten Verdauungsstörung ab: sie sind einzig Folge des gehinderten Ein-

strömens von Flüssigkeit in den Magen, und sind deshalb auch ganz den Erscheinungen ähnlich, die man bei längerem Dursten beobachtet. Die Bewegungen des Herzens werden zitternd, unregelmäßig und nehmen bedeutend an Zahl zu, da, wie wir später sehen werden, der Nerv in einem eigenthümlichen Antagonismus zu dem sympathischen Nerven steht und seine Reizung den Stillstand des Herzens bewirkt. Indeß ist der Einfluß der Durchschneidung auf die Herzbewegungen nicht so bedeutend, daß man hierin eine wesentliche Ursache zur Veränderung des Gesundheitszustandes finden könnte. So wie die Empfindungen des Kehlkopfes vernichtet sind nach Durchschneidung des herumschweifenden Nerven, so zeigen sich auch die für die Athmung so wichtigen Bewegungen des Kehlkopfes aufgehoben. Die Stimmbänder, welche die Stimmritze öffnen und schließen, fallen zusammen und werden bei der Einathmung durch den Druck der einströmenden Luft zugedrückt, wie die Klappen eines Ventiles; das Thier ist stimmlos, es sucht vergebens zu schreien; nur durch tiefe heftige Einathmungen kann es etwas Luft durch die zugeklappte Stimmritze pressen; allein die Athemnoth wird stets größer und größer, und wenn man nicht durch Eröffnung der Luftröhre unterhalb des Kehlkopfes der Luft Zutritt gestattet, so stirbt das Thier, wenn es jünger ist, unausbleiblich an Erstickung. Allein auch in diesem Falle, wo man eine künstliche Luftröhrenöffnung unter dem Kehlkopfe anlegt und in Folge dessen das Thier länger am Leben bleibt, sinken die Athemzüge bedeutend an Zahl, sie sind tief und mühevoll und man bemerkt, daß die so veränderten Athembewegungen dem Respirationsbedürfniß nicht Genüge thun.

Wenn nun nach Durchschneidung beider herumschweifenden Nerven die Thiere apathisch werden, in großer Athemnoth sich befinden, die stets mehr und mehr zunimmt; wenn die nackten Theile der Haut, welche sonst röthlich gefärbt sind, bläulich werden, und so Zeugniß ablegen von der unvollständigen Oxydation des Blutes; wenn endlich die Thiere unter Zunahme dieser Erscheinungen zu Grunde gehen: so sieht der vorurtheils-

freie Beobachter gleich, daß hier nicht, wie man früher behauptete, ein direkter Einfluß des herumschweifenden Nerven auf die Ernährung und die Athmung, sondern nur ein indirekter besteht, der von mehreren combinirten Ursachen abhängt. Die Lähmung der Stimmritze und des Kehldeckels bringt zwar ein Zusammenfallen dieser Theile hervor; allein bei älteren Thieren bleibt beständig der hintere Theil der Stimmritze noch offen, so daß der Luftzutritt zwar beschränkt, aber nicht gänzlich aufgehoben wird. Jüngere Thiere dagegen, bei welchen dieser Unterschied zwischen dem stets offen bleibenden hinteren Theile, der sogenannten Athemritze, und der durch die Stimmbänder sich gänzlich schließenden vorderen eigentlichen Stimmritze nicht existirt und die ganze Stimmritze durch Lähmung sich schließt, starben sehr bald an Erstickung. Bei älteren Thieren, die, wenn auch mit Athemnoth, länger leben, fallen durch diesen geöffneten Theil der Stimmritze beständig Theile der Nahrung und hinabgeschluckte Flüssigkeiten in die Luftröhre und bringen bis in die Lungen vor. Nach dem Tode findet man partielle Entzündungen und Entartungen der Lunge, eine schleimige, mit Blut und ausgeschwitzter Flüssigkeit vermischte Masse in den Luftwegen, und oft kann man nachweisen, daß diese Entzündungen offenbar von den eingedrungenen fremden Körpern herrühren und so den Tod beschleunigt haben. Allein die Thiere gehen auch zu Grunde, wenn man die Luftröhre öffnet, und durch Einführung einer nach außen hervorstehenden Röhre das Eindringen fremder Körper in die Luftwege verhindert. In diesem Falle fehlen auch die erwähnten Entzündungserscheinungen in der Lunge, und dennoch sterben die Thiere. Daraus hat man denn den Schluß ableiten wollen: der herumschweifende Nerve wirke direkt auf den Chemismus der Athmung ein. Die Versuche an Thieren, welchen man eine Magenfistel angelegt hatte, weisen aber deutlich auf die Todesursache hin. Ein Thier, dem beide herumschweifende Nerven durchschnitten sind, befindet sich ganz in derselben Lage, wie ein Thier, das weder Speise noch Trank erhält, das im eigentlichsten Sinne verhungert und verdurstet. Dieser Zustand

wird noch verschlimmert durch den Eingriff der Operation, die vermehrte Athemnoth, die Lähmung der Halstheile, und so darf es denn wohl nicht Wunder nehmen, wenn die Thiere in kurzer Frist nach dieser Operation an Krankheitserscheinungen zu Grunde gehen, die aus diesen verschiedenen Ursachen hervorgehend sich combiniren.

Während sich in dem herumschweifenden Nerven ein Beispiel darbietet, wie die mannichfachsten Funktionen verschiedener Theile, Empfindung und Bewegung in einen einzigen Stamm zusammengefaßt werden können, so zeigt im Gegentheile der Nervenapparat der Zunge, des Gaumens und Schlundkopfes eine Zersplitterung der einzelnen Funktionen, die um so lehrreicher ist, als die Funktionen selbst in hohem Grade entwickelt sind. Die Zunge ist eines der beweglichsten Organe des Körpers, die Feinheit des Gefühles in der Zungenspitze namentlich ist größer als an allen übrigen Theilen; die hinteren Theile der Zunge endlich sind der Sitz einer spezifischen Empfindung : des Geschmackes, der auch im Rachen und dem Anfange des Schlundkopfes sich verbreitet zeigt. Jede dieser Funktionen ist an einen bestimmten Nerven gebunden : die Bewegung an den Zungenfleischnerv, den letzten der Gehirnnerven; die Empfindung an einen besonderen Ast des fünften Paares oder des dreigetheilten Nerven; die Geschmacksempfindung an das neunte Nervenpaar, den Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus. Die Durchschneidung der Zungenfleischnerven lähmt alle Bewegungen der Zunge; diese hängt schlaff aus dem Munde hervor, kommt bei jeder Kaubewegung zwischen die Zähne und wird von diesen zerfleischt, ohne daß das Thier sie zurückziehen könnte; die Verwundungen der Zunge sind deshalb nicht minder schmerzhaft für dasselbe, jeder Nadelstich erregt Schmerz, und indem das Thier seine gelähmte Zunge zerbeißt, heult es laut vor Schmerz. Nach der Durchschneidung der Zungenäste des fünften Paares ist vollständige Unempfindlichkeit eingetreten. Man kann das sonst so empfindliche Organ mit einer glühenden Nadel durchstoßen, ohne daß die Thiere es fühlen; die Nahrungs=

[illegible], welche auf der Zunge liegen, bleiben unbemerkt. Die Bewegungen der Zunge sind in voller Integrität vorhanden, ebenso die Geschmacksempfindungen. Berührung der Zunge mit bitteren Substanzen ruft die heftigsten Bewegungen des Abscheus und Ekels hervor, und dasselbe Thier, dem man die Zunge zerschneiden kann, ohne daß es Schmerz empfindet, duldet nicht die Berührung mit einem in bittere Coloquintentinktur getauchten Stäbchen. Die Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven endlich bedingt den Verlust des Geschmackes. Das Thier bewegt die Zunge nach wie vor, es empfindet mit derselben Schärfe jede mechanische Berührung, jeden chemischen Reiz; es frißt aber in bittere Substanzen getauchtes Fleisch, es säuft Coloquintentinktur, wie wenn man ihm reines Wasser vorgestellt hätte, während unmittelbar vor der Operation es den größten Abscheu davor zu erkennen gab.

Die verschiedenen Funktionen der Zunge: Bewegung, Gefühl und Sinnesempfindung (Geschmack) sind demnach an durchaus verschiedene Nervenstämme gewiesen, die auch in ihren Wurzeln durchaus von einander isolirt sind.

Der so eben angeführten Schlußfolgerung ist von vielen Forschern namentlich aus dem Grunde widersprochen worden, weil der Zungenschlundkopfnerve sich nur in den hinteren Theilen der Zunge, des Rachens und des Gaumens verbreite, während die Zungenspitze doch ebenfalls Geschmacksempfindung besitze, und nur Nerven vom Zungenaste des fünften Paares enthalte. Wir wollen schon zugeben, sagte man, daß der Zungenschlundkopfnerve gewisse Geschmacksarten, wie namentlich Bitterkeiten, unterscheidet; allein gewisse andere Empfindungen, sauer, salzig u. s. w. werden sicher von dem fünften Paare empfunden, und dieses hat demnach ohne Zweifel sowohl allgemeines Gefühl, als auch Antheil an der Geschmacksempfindung. Die spezifische Sinnesempfindung ist demnach an der Zunge zwischen zwei verschiedene Nerven vertheilt.

Es hängt die Entscheidung dieser Frage mehr von theoretischen, als von thatsächlichen Gesichtspunkten und namentlich

von der Art ab, wie man die Begriffe der Sinnesempfindungen überhaupt abgränzt. Wir haben oben eine Klasse von Primitivfasern als fühlende (sensible) abgeschieden, deren allgemeine Eigenschaft darin besteht, daß sie auf jede tiefer eingreifende Reizung durch Schmerz reagiren. Es wäre aber thöricht, wenn man behaupten wollte, diese sensiblen Nervenfasern seien nun durchaus einander so gleich, daß, abgesehen von der Lokalisation ihrer Thätigkeit, man keinen anderen Unterschied zwischen ihnen entdecken könnte. Das Wollustgefühl ist nicht gleich mit dem Tastgefühl der Finger; der dumpfe Schmerz, den Knochenverletzungen mit sich führen, der entmannende Schmerz, welcher Nervenwunden der Genitalien begleitet, sind nicht gleich mit dem Schmerze, den man im Zahne oder in der Wange leidet. Die Qualität der Reaktion ist mithin in jeder Nervenfaser eine eigenthümliche, und die Qualität der Empfindung, welche sie besitzt, ist nicht minder eigenthümlich. Wir werden bei genauerer Betrachtung des Tastgefühles und der Sinnesempfindungen sehen, daß auch die Qualität der Reaktion wie der Empfindung wesentlich verschieden ist in den verschiedenen Primitivfasern, und daß somit ein weiter Spielraum für Modifikation der durch sie bedingten Erscheinungen übrig bleibt.

Halten wir nun an dem Grundsatze fest, nur diejenigen Nerven spezifische Sinnesnerven zu nennen, welche auf Verletzung nicht durch Schmerz, sondern durch eine andere spezifische Empfindung reagiren, so ist der Zungenast des fünften Nervenpaares unzweifelhaft kein Sinnesnerv. Seine Durchschneidung ist äußerst schmerzhaft; seine Lähmung, die man beim Menschen schon öfter beobachtet hat, bedingt nur Aufhebung des Gefühles, nicht aber die des Geschmackes. Die anerkannten Sinnesnerven aber sind nie schmerzhaft. Man hat den Geruchsnerven, den Sehnerven, den Hörnerven unzählige Male bei Thieren durchschnitten, ohne die mindeste Schmerzensäußerung zu sehen; man hat den Sehnerven häufig bei Ausrottung des Augapfels durchschnitten und man weiß, daß die Operirten im Augenblicke der Durchschneidung ein Feuermeer zu sehen glaubten, aber keinen

Schmerz empfanden; daß bei Reizung des Nervenstumpfes beim Verbande oder durch Entzündungen Lichterscheinungen auftraten, aber keine Schmerzempfindung. Man hat noch nicht gehört, daß bei Reizungen des Zungenastes vom fünften Paare Geschmacksempfindungen als Reaktion verspürt worden wären.

Die Empfindungen des Sauren und Salzigen an der Zungenspitze können indeß in der That nicht geläugnet werden, wenn man auch gerade die Erkenntniß dieser Geschmäcke zu hoch angeschlagen hat. Es ist wahrlich unmöglich, mit geschlossenen Augen bei herausgestreckter Zungenspitze und Betupfen derselben mit Salz- oder Zuckerlösung den Geschmack beider zu unterscheiden: beide erregen eine gewisse Empfindung, die man nicht genau zu bezeichnen weiß, die auch in etwas verschieden ist; aber dennoch nicht so sehr verschieden sich zeigt, als es der Geschmack der genannten Körper ist. Bedenkt man nun, daß die Zungenspitze der empfindlichste Theil des menschlichen Körpers ist, so löst sich diese Erscheinung auf die befriedigendste Weise. Das Tastgefühl unserer Finger läßt uns sehr wohl unterscheiden, ob wir in Wasser oder in Oel greifen, während uns am Rücken diese Unterscheidung unmöglich ist; Tasteindrücke, die für einen Ungeübten ununterscheidbar sind, werden von einem Geübten noch sehr wohl in ihrer Verschiedenheit aufgefaßt. Ein Blinder, welcher den fehlenden Sinn theilweise durch Uebung seines Tastsinnes zu ersetzen sucht, kann es unglaublich weit in dieser Verfeinerung seines Tastgefühles bringen. Die Zungenspitze verhält sich aber zu dem Finger, etwa wie der Finger des geübten Blinden zu demjenigen des ungeübten Sehenden. Wo unser Finger keinen Unterschied mehr tastet, da fühlt ihn die Zungenspitze noch heraus, und was wir so als Geschmacksempfindung der Zungenspitze bezeichnen, ist nur eine verfeinerte Tastempfindung, die sich aber bald mit der Geschmacksempfindung mischt und deshalb mit derselben zusammen geworfen wird. Bei anderen Sinnen ist man schon längst über diese unwillkürlichen Verwechslungen im Klaren; Jedermann legt dem flüchtigen Salmiakgeist z. B. einen stechenden Geruch bei, während man bei

genauerer Analyse findet, daß dieses Stechen nur eine Tastempfindung ist, bedingt durch die Anätzung der Schleimhaut mittelst des kaustischen Ammoniaks. Salzige, saure Substanzen, Lösungen von verschiedenem Concentrationsgrad, die einen endosmotischen Strom auf der Zunge erregen, bedingen eine eigenthümliche Tastempfindung, die dann mit der später erfolgenden Sinnesempfindung zusammengeworfen wird. Bei der Analyse der einzelnen Sinnesempfindungen wird es nöthig sein, noch näher auf die hier berührten Punkte einzugehen.

Wir haben in den vorstehenden Zeilen die direkten Einflüsse und Reaktionen derjenigen Nerven untersucht, welche von den Centralorganen, Hirn und Rückenmark entspringen; es wird nicht unwichtig sein, auch auf einige indirekte Folgen der Aufhebung des Nerveneinflusses einzugehen, welche theilweise mit anderen Funktionen in Zusammenhang stehen.

Nach der Durchschneidung des fünften Nervenpaares, die man am besten mittelst eines eigenen Instrumentes bei Kaninchen in der Schädelhöhle vornimmt, zeigt sich die Empfindung des Antlitzes durchaus vernichtet. Das Auge, obgleich es sieht, und sich nach wie vor bewegt, ist durchaus unempfindlich gegen mechanische Reizung; man kann den Augapfel mit Nadeln stechen oder kratzen, ohne daß sich die geringste Schmerzesäußerung zeigt. Nach einiger Zeit beginnen nun Entzündungserscheinungen in dem Auge, die zuerst in der Hornhaut auftreten. Diese trübt sich mehr und mehr, die Bindehaut entzündet sich, das Auge schwillt an, wird roth, die Trübung der Hornhaut nimmt zu, sie wulstet sich auf, ein eiterndes Geschwür entsteht in ihrer Mitte, das endlich durchbricht und das Auge zerstört, indem meist die inneren Augentheile auslaufen. Aehnliche, wenn auch nicht so heftige krankhafte Erscheinungen zeigen sich in den übrigen, der Sensibilität beraubten Theilen. Die Nasenschleimhaut entzündet sich, wulstet sich auf; die Haare der Backe fallen aus; jede, selbst kleinere Verletzung bildet ein bösartiges, fressendes Geschwür; kurz der ganze Ernährungsprozeß der gelähmten Stellen scheint zu leiden.

Ist es nun erlaubt, aus diesen Erscheinungen den Schluß zu ziehen, daß die Cerebrospinalnerven überhaupt einen direkten Einfluß auf die Ernährung der Theile haben? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns noch weiter nach Thatsachen umsehen.

Die Störungen der Ernährungserscheinungen, welche man nach Durchschneidung der betreffenden Rückenmarksnerven, an gelähmten Gliedern z. B., beobachtet, sind bei weitem nicht constant genug, um irgend einen sicheren Schluß auf die Nerventhätigkeit in dieser Hinsicht zu gestatten. Zwar beobachtet man häufig an Fröschen, daß nach der Durchschneidung der Hüftnerven der gelähmte Schenkel nicht nur abmagert, sondern daß auch die Oberhaut sich abstößt, Schimmel sich auf der Oberfläche des Gliedes erzeugt, und selbst brandige Zerstörung eintritt. In anderen Fällen fehlen aber diese Erscheinungen ganz, oder stellen sich auch, je nach der Behandlung und anderen noch weniger gekannten Einflüssen, bei gesunden Fröschen ein. Säugethiere, denen man den Hüftnerven durchschnitten und so das Bein gelähmt hat, laufen sich den Fuß auf und erzeugen dadurch Geschwüre, die oft bis auf den Knochen greifen: die Haare reiben sich ab, die Nägel entarten häufig, das ganze Glied erscheint welk und abgemagert.

Aehnliche Erscheinungen hat man zuweilen auch bei gelähmten Gliedern von Menschen beobachtet. Nicht selten ist die Durchschneidung ganzer Nervenstämme bei Ausrottung von Geschwülsten unvermeidlich. Man hat in solchen Fällen an dem gelähmten Fuße Geschwürsbildungen und später zuweilen sogar Verkrümmung und Klumpfußbildung beobachtet. Auch sind die Fälle nicht selten, wo das Rückgrat gebrochen und das Rückenmark an der Bruchstelle zerquetscht wird, so daß die unteren Extremitäten in Empfindung und Bewegung gelähmt werden. Ist der Bruch tief unten geschehen, so daß die Athembewegungen nicht beeinträchtigt sind, so kann die Verletzung, der Nervenbruch, geheilt und der Kranke am Leben erhalten, nicht aber von den Folgen der Rückenmarksverletzung befreit werden.

Solche Unglückliche fühlen meist Kälte an den bewegungs- und empfindungslosen Extremitäten, wenn diese nicht sehr sorgfältig eingewickelt und künstlich gewärmt werden; die Haut wird borftig, schlaff, das bloße anhaltende Liegen auf einer und derselben Seite bedingt schon, wie jede andere noch so kleine Verletzung, bösartige fressende Geschwüre, die fast nicht zum Heilen zu bringen sind — die ganze Constitution der gelähmten Glieder hat nicht mehr die frühere Widerstandskraft gegen schädliche Einflüsse.

Es hält um so schwieriger, diese Erscheinungen genauer zu analysiren, als sie nur allmählich sich einstellen, und vielleicht mit der successiven Desorganisation der Nervenröhren selbst und anderen Nebenbedingungen zusammenhängen. Einen unmittelbaren Einfluß der Nerven auf die Ernährung beobachtet man niemals. Der Blutlauf in einem Froschschenkel ändert sich durchaus nicht nach der Durchschneidung der Hüftnerven. Man sieht weder Ausschwitzung, noch Blutstockung, noch irgend andere materielle Folgen. Wie ist es nun möglich, die genaueren Beziehungen von Erscheinungen herzustellen, die erst Wochen lang nach dem erfolgten Eingriffe auftreten, die selbst in ihrem inneren Wesen so ungemein wechseln und zu deren Auftreten die mannichfaltigsten Ursachen mitwirken können?

Dem sympathischen Nervensysteme wurde besonders von jeher der wesentlichste Einfluß auf das vegetative Leben überhaupt zugeschrieben. Hier häufen sich aber die Schwierigkeiten der experimentellen Untersuchung in weit bedeutenderem Maße, als bei den aus Hirn und Rückenmark entspringenden Nerven. Das Gewirr der Nervengeflechte, die häufige Einschaltung von Knoten und Ganglien, die Zersplitterung in feine Zweige, die nur mit größter Mühe verfolgt werden können, die tiefe Lage zwischen Eingeweiden und Blutgefäßen, die Unkenntniß des Verlaufes der einzelnen Primitivröhren : alle diese Verhältnisse zusammengenommen stellen den Versuchen an lebenden Thieren, die einzig maßgebend sein können, so bedeutende Schwierigkeiten

entgegen, daß noch jetzt dieselben nur zum geringen Theile überwunden sind.

Man hat zum Behufe genauerer Untersuchung des Verlaufes der Primitivröhren innerhalb des sympathischen Nervensystemes vorzugsweise solche Versuche an Thieren benutzt, an denen man gewisse Stränge durchschnitten hatte. Die Primitivröhren entarten nämlich nach dieser Durchschneidung. Schon nach einigen Tagen sieht man in dem Markinhalte Querlinien, die bis zur gänzlichen Gerinnung und Umwandlung in trübe Massen und schwärzliche Kügelchen fortschreiten. Noch ein Jahr lang nach der Operation findet man diese entarteten Primitivröhren, die allmählich verschwinden, während, wenn der Nerve wieder heilt, sich neue Primitivröhren bilden, die im Anfange weit schmaler und blasser sind, als die des alten Nerven. Nun hat man die Beobachtung gemacht, daß merkwürdiger Weise bei den Bewegungsnerven die Entartung in derselben Richtung fortschreitet, in welcher die Leitung in ihnen Statt findet, nämlich von dem Centrum nach der Peripherie, während in den Gefühlsnerven Leitung und Desorganisation von der Peripherie nach dem Centrum sich fortsetzen. Schneidet man die hintere Wurzel eines Rückenmarksnerven durch, so desorganisiren sich die empfindenden Hautnerven nicht, wohl aber das Stück Wurzel, welches mit dem Rückenmarke zusammenhängt. Zerstört man die vordere bewegende Wurzel, so werden alle Muskelnerven desorganisirt, während das mit dem Rückenmarke zusammenhängende Wurzelstück normal bleibt. Will man demnach den Verlauf gewisser Primitivröhren kennen lernen, so braucht man nur nach solchen Nervendurchschneidungen die entarteten Primitivröhren in entsprechender Richtung aufzusuchen. Dies hat man mit dem Gangliensysteme versucht, ist aber hier auf eine Schwierigkeit gestoßen, über welche die Beobachter sich noch nicht geeinigt haben. Nach den Einen verhalten sich die Ganglien wie Centralorgane, indem die mit den Ganglien verbunden bleibenden Nervenenden nicht entarten, während dies Schicksal die von dem Ganglion abgetrennten peripherischen Enden trifft.

Nach anderen Beobachtern dagegen üben die Ganglien durchaus keinen Einfluß auf den Weg der Desorganisation aus und beweist das Fortschreiten der Desorganisation den Satz: daß alle in dem sympathischen Nervensysteme enthaltenen Primitivröhren nur von dem Centralnervensysteme entspringen. Weitere Untersuchungen werden diese Widersprüche wohl dahin lösen, daß man für jeden Knoten ein besonderes Verhalten antrifft, welches in der Struktur desselben begründet ist. Der Leser, welcher sich erinnert, daß es unipolare und bipolare Ganglienkugeln giebt, wird es wohl begreiflich finden, daß die von unipolaren Ganglien entspringenden Primitivröhren auch nur zu dem Ganglion in Beziehung stehen, während Ganglien mit bipolaren Kugeln den Zusammenhang mit dem Rückenmarke nicht unterbrechen.

Die genaue Lösung dieser Frage ist deshalb von Wichtigkeit, weil man noch immer über die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystemes nicht vollständig im Klaren ist. Früher glaubte man freilich eine vollständige Verschiedenheit der Funktionen annehmen zu können. Man hielt die Organe, zu welchen sich die Nervenfasern des sympathischen Systemes begeben, für vollkommen unempfindlich. Man wußte, daß ihre Bewegung dem Willen entzogen sei, allein man vergaß, daß hinsichtlich der Empfindlichkeit nur der Grad einen Unterschied machte. Ein Stäubchen, welches zwischen den Augenliedern die heftigsten Schmerzen und Thränenfluß verursacht, erregt auf der Haut keine Empfindung. Ein leiser Eingriff auf den Darmkanal wird ebenfalls nicht empfunden, weil eben hinsichtlich des Grades der Empfindlichkeit ein ähnlicher Unterschied zwischen dem Darme und der Haut Statt findet, wie zwischen dieser und den Augenliedern. Stärkere Eingriffe und länger andauernde erregen allerdings deutliche Schmerzempfindungen in den von dem sympathischen Nervensystem versorgten Theilen, und in krankhaften Zuständen, wie z. B. in Entzündungen, können sich diese Empfindungen bis zur furchtbarsten Höhe steigern. Wenn also ein Unterschied Statt findet, so beruht er einestheils in der Be-

schaffenheit des Organes, an welchem die Nerven sich verzweigen, anderentheils in der Schnelligkeit der Leitung, die allerdings in dem sympathischen Nervensysteme nicht so groß zu sein scheint. Aehnlich verhält es sich auch mit den Bewegungen der inneren Organe. Sie sind sicher dem direkten Willen entzogen, und wenn man die zu ihnen gehenden sympathischen Nerven reizt, so folgt die Bewegung nicht augenblicklich, wie in den willkürlichen Muskeln, sondern erst nach einiger Zeit und dann auch, wie wir später sehen werden, in eigenthümlicher Weise.

Die eigenthümliche Umspinnung der Blutgefäße durch Fäden des sympathischen Nervensystemes deutet gewiß auf einen näheren Zusammenhang desselben mit der Cirkulation hin. Daß dieser Zusammenhang nicht in einer direkten Wechselwirkung zwischen Blut und Nerveninhalt bestehen könne, braucht nicht weiter bewiesen zu werden; daß der Chemismus der Ernährung und Absonderung dadurch direkt nicht betheiligt werden könne, ist ebenfalls mehr als gewiß. Man hat diesen Einfluß auf die Absonderung durch Versuche erhärten wollen, die man an den Nierenarterien anstellte. Man schnitt einem lebenden Thiere den Bauch auf, drang bis zur Nierenarterie vor und schnürte diese mittelst einer angelegten Ligatur auf das heftigste zusammen. Man suchte auf diese Weise die organischen Nerven, welche die Nierengefäße umspinnen, zu tödten, und nachdem man diesen Zweck erreicht zu haben glaubte, löste man die Ligatur wieder, um den Blutlauf herzustellen. Andere Beobachter schnitten selbst die Arterie ganz durch und setzten eine Kanüle ein, durch welche der Blutlauf unterhalten wurde. Die Thiere überlebten die Operation nicht lange Zeit; man fand meist bei der Section die Capillaren der Nieren stark ausgedehnt, Blutstockung und selbst Erweichung im Nierengewebe; der nach der Operation gelassene Harn, wenn ja welcher noch in seltenen Fällen abgesondert wurde, war blutig und enthielt meistens Eiweiß und Hippursäure. Wenn man weiß, wie außerordentlich leicht die Urinsecretion durch äußere Einflüsse modifizirt wird; wie schnell sie durch Veränderung der Nahrung eine andere chemische Zusammensetzung

hält und wie sehr sie deshalb nach bedeutenden Verletzungen
rändert sein muß, wo das Thier gar nicht frißt und Wund-
der hat; wenn man sich ferner erinnert, daß eine mit aller
'acht zugeschnürte Ligatur, welche stark genug angezogen wurde,
1 die Nerven zu ertödten, auch die innere Haut der Arterie
rreißen und dadurch den Blutumlauf in derselben hindern mußte;
:nn man endlich bedenkt, daß der operative Eingriff, welcher
r Anstellung des Versuches nöthig ist, stets so bedeutend
ır, daß er den Thieren in kurzer Zeit das Leben kostete; —
:nn man all diese Umstände in Erwägung zieht, so erscheint
unbegreiflich, wie man auf solche Versuche den speziellen
chluß habe bauen können, die Nerven der Nierengefäße besäßen
ıen direkten Einfluß auf die Harnsecretion.

Ein indirekter Einfluß des sympathischen Nervensystemes
f die mit der Ernährung in Verbindung stehenden Prozesse
ın dagegen gewiß nicht geläugnet werden, zumal da neuere
ersuche einen weiteren Blick in dieses Gebiet gestatten. Schnei-
t man bei einem Thiere den Gränzstrang am Halse auf der
ıen Seite durch, so fangen augenblicklich die Schlagadern der
tsprechenden Kopfhälfte stärker an zu schlagen, das Auge wird
inzender, die Wangenhaut praller, die durchsichtigen Theile
ther und wärmer. Diese Wärmeerhöhung läßt sich nicht nur
t der Hand fühlen, auch das Thermometer zeigt sie an, indem
in dem äußeren Gehörgange oder der Nasenhöhle der operir-
ı Kopfhälfte um drei oder vier Grade des 100theiligen Ther-
ometers höher steigt, als in der anderen gesunden Hälfte.
ie stürmischen Cirkulationserscheinungen verschwinden nach
ıiger Zeit; der Wärmeunterschied aber läßt sich selbst noch
'onate lang nach der Operation wahrnehmen, und offenbar
ıtet er auf einen tieferen Einfluß des durchschnittenen Nerven
f die Ernährung hin, dessen genauere Analyse uns freilich
r der Hand noch entgeht.

Genauer schon sind die Einflüsse des sympathischen Nerven
f die verschiedenen unwillkürlich beweglichen Organe erforscht.
:e Geflechte und Knoten, welche den unteren Theilen der

Wirbelsäule, dem Lenden- und Heiligbein entsprechen, stehen den Bewegungen des unteren Theiles des Darmes, der Harnwerkzeuge und Geschlechtstheile vor. Das Sonnengeflecht vermittelt die Zusammenziehungen des Dünndarmes; der Brusttheil des Gränzstranges und seiner Eingeweideäste diejenigen des Magens und Zwölffingerdarmes; der Halstheil übt seinen Einfluß auf das Herz, und der oberste Halsknoten noch außerdem auf die Pupille des Auges. Alle diese Ergebnisse der Untersuchung sind aber mehr oder weniger zweifelhaft und von Nebenumständen abhängig, die besonders aus der mannichfachen Verkettung der Ganglien und der Geflechte, sowie aus der Eigenthümlichkeit der Bewegungen selbst hervorgehen, indem diese nicht augenblicklich, sondern erst geraume Zeit nach der Reizung sich einstellen und oft von einem Organe zum anderen sich ohne genauer nachweisbare Ursache fortpflanzen. Die meisten Schwierigkeiten haben in dieser Beziehung die Pupille und das Herz gemacht, indem hier der Nerveneinfluß stets ein combinirter ist, der von verschiedenen Nerven abhängt.

Man kann sich durch die einfachste Beobachtung überzeugen, daß das Schwarze im Auge, das Sehloch oder die Pupille, je nach der Menge von Licht, welche in das Auge einströmt, seinen Durchmesser durch Zusammenziehung der Regenbogenhaut ändert. Bei größerer Lichtmenge zieht sich diese stärker zusammen, in der Dunkelheit dehnt sie sich weiter aus. Wir werden die Ursachen, aus denen diese Bewegungen in Folge des Lichtreizes entspringen, später untersuchen. Hier kommt es darauf an zu entscheiden, durch welche Nervenbahnen der Einfluß auf die Pupille Statt findet. Da hat es sich denn gezeigt, daß hier eine ähnliche Zersplitterung Statt findet, wie bei der Zunge, und daß die Erweiterung nicht eine passive, durch Nachlaß der Zusammenziehung bedingte sei, sondern eine aktive, durch eine andere Nervenbahn vermittelte. Die Schmerzempfindung der Regenbogenhaut bei Berührung wird durch das fünfte Nervenpaar geleitet; die Verengerung wird durch den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerv, die Erweiterung dagegen durch den sympa-

thischen Nerven bewirkt. Diese Zersplitterung ist um so auffallender, als alle diese verschiedenen Nervenbahnen in einem einzigen Knoten, dem sogenannten Ciliarganglion, zusammen laufen, von welchem aus die Nervenäste in die Regenbogenhaut bringen. Der Ciliarknoten hat stets drei Wurzeln — vom dreigetheilten, vom Augenmuskel- und vom sympathischen Nerven je eine, und jede dieser Wurzeln hat eine durchaus verschiedene Funktion. Reizt man den Augenmuskelnerv, so zieht sich die Pupille zusammen; — schneidet man ihn durch, so ist sie in einem Zustande steter Erweiterung. Reizt man dagegen den sympathischen Nerven am Halse, so erweitert sich die Pupille augenblicklich, während sie nach Zerstörung des obersten Halsknotens in einem Zustande bleibender Verengerung sich befindet.

Schwieriger noch ist die Untersuchung der Nerveneinflüsse auf die Herzbewegung. Wir haben im ersten Briefe gesehen, wie regelmäßig in fortdauerndem Rhythmus an dem Herzen Erweiterung und Verengerung mit einander abwechseln. Durch Versuche an Thieren kann man sich leicht überzeugen, daß diese rhythmischen Bewegungen nicht von dem Zusammenhange des Herzens mit den Nerven abhängen, sondern auch dann noch fortdauern, wenn dieser Zusammenhang gänzlich aufgehoben ist. Das Herz eines Thieres klopft fort, selbst wenn man es aus dem Körper herausgeschnitten hat. Unter günstigen Umständen können an dem Herzen warmblütiger Thiere noch Stunden lang, an demjenigen kaltblütiger Thiere selbst Tage lang nach der Herausnahme Herzschläge beobachtet werden, die stets in derselben Weise von der Vorkammer nach der Kammer zu erfolgen. Das rhythmische Spiel dieser Zusammenziehung scheint demnach eine selbstständige Quelle in dem Herzen selbst zu haben, eine Quelle unabhängig von dem mit dem Herzen in Verbindung stehenden Nerven, unabhängig von den Centralorganen, dem Hirne und dem Rückenmarke, mit welchem diese letztere in Verbindung stehen. Dies wäre wenigstens der erste Schluß, den man aus den angeführten Thatsachen herleiten könnte. Aber wir wissen aus eigener Erfahrung, daß unser Herzschlag auch

abhängig ist von den mannichfaltigsten Eindrücken, die unser centrales Nervensystem empfängt, daß es langsamer oder schneller schlägt, je nach verschiedenen Seelenstimmungen und Hirnerregungen, die ihm durch die Nerven zugeleitet werden. Die Anatomie lehrt uns, daß zwei verschiedene Nervenstämme dem Herzen Aeste zuleiten, daß die herumschweifenden Nerven mit den sympathischen Nerven Geflechte bilden, aus denen die Herznerven hervorgehen, die wieder in der Herzsubstanz selbst eine Menge von Geflechten und Knoten bilden, und namentlich in der Scheidewand des Herzens einige bedeutende Ansammlungen von Ganglien erzeugen. So entsteht denn natürlich die Frage nach den verschiedenen Wirkungen, welche diese beiden Nervenbahnen auf das Herz haben können. Der Versuch giebt hier die Antwort. Bringt man die Drähte eines Magnetelektromotors, durch welchen rasche elektrische Schläge ohne Aufhören ertheilt werden, an die Stämme der herumschweifenden Nerven, so steht der Herzschlag augenblicklich still; — das Herz selbst bleibt in der Erweiterung, in der Diastole; unterbricht man den Versuch, so fängt das Herz augenblicklich wieder an zu schlagen. Aber auch wenn man den Einfluß der Elektrizität über eine gewisse Zeit hinaus dauern läßt, so beginnt der Herzschlag ebenfalls wieder, wahrscheinlich wegen Erschöpfung der Leitungsfähigkeit. Die umgekehrte Wirkung tritt bei der Reizung des sympathischen Nerven ein; — die Herzschläge beschleunigen sich, kehren aber bei längerer Andauer des elektrischen Einflusses ebenfalls wieder auf das frühere Maaß zurück. Der herumschweifende Nerve ist demnach die Bahn, durch welche hemmende Einflüsse der Herzbewegung ihren Weg nehmen, während der sympathische Nerve die erregenden beschleunigenden Einflüsse leitet. Wem sollte es aber nicht auffallen, daß in demselben Nervenstamme, der die Beschleunigung und das krampfhafte Erzittern des Herzens bewirkt, auch diejenigen Fasern eingeschlossen sind, welche die Erweiterung der Pupille bedingen, so daß wir einen Schritt weiter gehen und vermuthen können, daß solche Erregungen des Centralnervensystemes, welche eine

Beschleunigung des Herzschlages bedingen, zugleich eine Erweiterung der Pupille und damit einen gewissen Gesichtsausdruck zur Folge haben.

Zugleich aber leiten uns diese Resultate auf eine weitere Combination. Die Herzbewegung ist ein nothwendiger Hebel des Fortbestandes des Lebens; sie mußte deshalb in dem Organ selbst ihren Sitz und die Bedingungen ihrer Fortdauer haben. Aber zugleich ist eine gewisse Regulirung des Ganges dieser ewig arbeitenden Pumpe des vegetativen Lebens durch den Nerveneinfluß möglich und somit an gewisse Theile und Stellen des Centralnervensystemes gebunden. Reizungen des herumschweifenden Nerven, Reizungen der Hirntheile, aus welchen die entsprechenden Fasern entspringen, lähmen, hemmen unmittelbar die Herzbewegung, so daß bei heftigerer Reizung, wie durch den Magnetelektromotor, diese gänzlich stille steht. Aber dieser Stillstand kann nur eine gewisse Zeit andauern; hielte die Reizung und ihr lähmender Einfluß noch länger an, so würde dennoch der im Herzen selbst liegende Impuls ihn überwinden, das Herz wieder zu klopfen, das Leben wieder zu erwachen beginnen. Der gleiche Fall tritt ein bei Reizungen des sympathischen Nerven und der entsprechenden Hirntheile. Die stürmische Erregung des Herzschlages, die eine Folge dieser Reize ist, muß nach einiger Zeit, auch bei Fortdauer der Reizung, wieder der normalen Thätigkeit Platz machen. So ist denn eine gewisse Abhängigkeit in der Unabhängigkeit hergestellt und der Nerveneinfluß nur so weit gestattet, als er unmittelbar dem vegetativen Leben keinen Eintrag thut.

Zwölfter Brief.

Die Centraltheile des Nervensystemes.

Die Funktionen des Gehirnes und Rückenmarkes können unter zwei besondere Kategorieen vertheilt werden. Eines Theils sind diese Organe der Sammelplatz sämmtlicher Primitivröhren, welche durch die einzelnen Nervenstämme in den Körper ausstrahlen; anderen Theils aber zeigt schon die anatomische Betrachtung, daß noch andere Elemente zu diesen Primitivröhren der Nerven kommen, welchen verschiedene Funktionen zustehen müssen. Es giebt so Eigenschaften und Funktionen, welche dem Centralnervensystem als Sammelplatz der Sinnesnerven, der bewegenden und fühlenden Nervenfasern angehören — es giebt eine andere Klasse von Funktionen, welche in nicht so unmittelbarer Beziehung zu den Nerven stehen.

Eine jede Verletzung des Rückenmarkes, welche durchgreift, so daß die Continuität desselben gänzlich aufgehoben ist, hat auch eine vollkommene Vernichtung der willkürlichen Bewegungen und der Empfindungen in denjenigen Theilen zur Folge, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Verletzungsstelle abgehen. Ein Bruch der Wirbelsäule in der Mitte des Rückens z. B., bei welchem das Rückenmark gänzlich verquetscht ist, läßt sich leicht an der vollständigen Empfindungs- und Bewegungslosigkeit der Beine erkennen, von deren Existenz selbst der Verwundete kein Bewußtsein mehr hat, während die Arme, der obere Theil der Brust, deren Nerven oberhalb der Bruchstelle

abgehen, durchaus eben so empfindlich und beweglich geblieben sind, als sie vorher waren. In dieser Beziehung ist das Rückenmark demnach nur ein großer Nervenstamm, der alle sensiblen und bewegenden Primitivröhren in sich vereinigt, und die Erfahrung zeigt sogar, daß in seinem Inneren die einzelnen Röhren hinsichtlich ihrer bewegenden oder fühlenden Funktion noch eben so isolirt sind, als in den Nerven selbst. Schneidet man nämlich das Rückenmark durch, so zeigt sich, wie schon früher bemerkt, eine eigenthümliche anatomische Struktur desselben. Die weiße Substanz bildet die äußeren Rindenschichten; während die graue Substanz in der Mitte aufgehäuft ist und nach oben wie unten zwei Schenkel aussendet, so daß ein solcher Durchschnitt die graue Substanz etwa wie ein liegendes Kreuz erscheinen läßt. Ein senkrechter Spalt dringt von dem Rücken her in die Mittellinie ein zwischen die beiden oberen Schenkel des liegenden Kreuzes, und theilt auf diese Weise die an der Rückenseite aufgehäufte weiße Masse in zwei Hälften; ein ähnlicher Spalt findet sich auf der Bauchfläche des Rückenmarkes zwischen den beiden unteren Schenkeln der grauen Substanz. So ist der Zusammenhang zwischen der weißen Substanz beider Seiten, links und rechts, fast gänzlich durch diese Spalten aufgehoben und es ist beinahe nur die graue, im Centrum angehäufte Substanz, welche den Zusammenhang der beiden seitlichen Hälften des Rückenmarkes vermittelt.

Betrachtet man nun das Verhältniß der austretenden Nervenwurzeln zu diesen Abtheilungen des Rückenmarkes, welche sich der ganzen Länge nach fortsetzen, so erkennt man, daß die vorderen Wurzeln mit den vorderen Schenkeln der grauen Substanz, die hinteren, mit einem Ganglion versehenen, mit den hinteren Schenkeln des grauen Kreuzes zusammenhängen, daß sie aber diese erst erreichen, nachdem sie in schiefer Richtung die weiße Substanz, welche überall die äußere ist, durchsetzt haben. Man kann demnach eben so wohl, wie man vordere und hintere Nervenwurzeln unterscheidet, auch in dem Rückenmark nach einer durch seine Axe gelegten Vertikalebene (wenn man den Menschen

aufrecht stehend sich denkt) eine vordere und hintere Hälfte unterscheiden, und man findet dann leicht durch sorgfältige Experimente, daß dieselbe funktionelle Trennung, welche in den Nervenwurzeln sich zeigt, auch in den entsprechenden Hälften des Rückenmarkes sich fortpflanzt, und daß die vordere oder Bauchhälfte desselben durchaus nur motorisch, die hintere oder Rückenseite nur empfindend ist. Ich habe die auf diesen Satz bezüglichen Experimente sehr häufig anstellen und wiederholen sehen, und ich kann wahrlich sagen, daß kein Satz in der ganzen Nervenphysiologie mir klarer durch Thatsachen bewiesen scheint, als gerade dieser. Man sticht ein spitzes, dünnes zweischneidiges Messerchen, es genau horizontal haltend, quer durch das blosgelegte Rückenmark eines Hundes, der auf dem Bauche liegt; bewegt man nun das Messer nach unten, die dort befindliche vordere Rückenmarkshälfte durchschneidend, so treten successive Zuckungen, und nach gänzlicher Durchschneidung des Rückenmarkes vollständige Bewegungslosigkeit der hinteren Extremitäten ein, ohne daß der Hund das geringste Zeichen von Schmerz gäbe. Kneipt man die Extremität nach vollendeter Durchschneidung der vorderen Rückenmarkshälfte, so schreit der Hund auf und giebt eben so lebhafte Schmerzensäußerungen, als vor der Durchschneidung.

Hebt man dagegen das Messerchen, statt es zu senken, und schneidet man die obere Rückenmarkshälfte von innen aus nach oben gegen den Rücken hin allmählich durch, so giebt das Thier anfangs, wenn man noch kaum über die Mittellinie gekommen ist, keine Schmerzensäußerung. Sobald aber das Messer in der Höhe ankommt, wo die beiden schiefen Schenkel von der grauen Centralmasse abgehen, schreit das Thier erbärmlich und hört nicht eher auf, als bis die ganze hintere Hälfte des Markes vollständig getrennt ist. Bei einiger Aufmerksamkeit auf den Zug und die Haltung des Messers bemerkt man sogar, daß die weiße Substanz, welche die oberen grauen Schenkel umhüllt, fast gänzlich unempfindlich ist, und daß die lebhaften Schmerzensäußerungen erst dann beginnen, wenn das Messer in den grauen Schenkel selbst eindringt. Bei schiefer Richtung des Messers

kann man auf diese Weise sämmtliche, unterhalb der beiden hinteren, dem Rücken zugewandten Schenkel der grauen Substanz gelegene Masse durchschneiden, ohne daß Schmerzensäußerungen sich zeigen.

Je weiter nach oben man das Rückenmark zerstört und seinen Zusammenhang mit dem Gehirn aufhebt, desto mehr Theile des Körpers werden gelähmt und desto störender für die nothwendigen Funktionen des Körpers werden diese Lähmungen, da die Muskeln des Stammes, des Bauches sowohl als noch mehr die der Brust, einen wesentlichen Antheil an den Respirationsbewegungen haben. Wird das Rückenmark endlich in der Nähe des verlängerten Markes, an der oberen Gränze der Halsnerven durchschnitten, so sind alle Brustmuskeln, das Zwerchfell und der größte Theil der Halsmuskeln gelähmt. Trotz dieser Lähmung aber dauert das Spiel der Athemzüge noch fort in den oberen Theilen des Halses und im Gesichte. Die Nasenlöcher werden abwechselnd weit geöffnet und geschlossen; die Kiefer klappen zusammen in regelmäßigen Intervallen, das Thier schnappt förmlich nach Luft, etwa wie wenn ihm der untere Theil der Luftröhre zugeschnürt wäre. Man hat Beispiele an Gehängten beobachtet, und ich selbst bin Zeuge gewesen, daß ein Selbstmörder, Statt die Luftröhre sich zuzuschnüren, die Schlinge nur an dem Kinne angelegt hatte, so daß er beim Herabspringen vom Stuhle, auf den er sich gestellt, das Kinn sich gewaltsam in die Höhe zog und den Nacken einknickte. Die Wirbelsäule war auf diese Weise zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel verrenkt und das Rückenmark dort zerquetscht worden. Der Kopf des Unglücklichen lebte und athmete noch mehrere Stunden fort, und die Anstrengungen, die er machte, zeigten, daß das Athembedürfniß noch vorhanden war, aber durch ein unübersteigliches Hinderniß nicht befriedigt werden konnte.

Die Herzbewegungen nehmen in gleichem Maße an Intensität und an Zahl ab, wie die Athembewegungen durch das Zerstören des Rückenmarkes schwächer und unvollständiger werden. Bei dem engen Zusammenhange, in welchem Herzschlag und

Athmung zu einander stehen, kann dies Verhältniß nicht befremden. Daß die Verlangsamung des Herzschlages in der That großen Theils von dieser Connexion herrühre, beweist der Umstand, daß bei Einleitung der künstlichen Respiration mittelst eines doppelten Blasebalges der Herzschlag wieder bedeutend sich hebt und sehr lange noch erhalten werden kann. Es scheint indeß, als ob diese Verlangsamung des Herzschlages nicht einzig von derjenigen der Athmung abhinge. Denn beim Reizen des blosgelegten Rückenmarkes erhält man zuweilen eine Beschleunigung des Herzschlages, ohne daß dieselbe mit dem Athmen zusammenhinge, und es scheint demnach, als ob das Rückenmark auch einigen, wenn auch unbedeutenden direkten Einfluß auf das Herz habe. Jedenfalls ist dieser Einfluß bei den höher stehenden Thieren bedeutender, als z. B. bei Fröschen, welche man nach vollständiger Zerstörung des Rückenmarkes Monate lang am Leben erhalten kann, während welcher Zeit der Blutlauf und der Herzschlag durchaus unverändert bleiben.

An dem verlängerten Marke finden sich dieselben Erscheinungen wieder, wie an dem Rückenmarke, allein außerdem findet sich hier eine nicht sehr umfangreiche Stelle, von deren Erhaltung das Athembedürfniß und mithin das Leben des Thieres abhängt. Wir haben eben gesehen, daß ersteres vollständig bestehen bleibt, wie hoch oben man auch das Rückenmark am Halse zerstören möge; es ist nicht minder leicht nachzuweisen, daß die Abtragung sämmtlicher Hirntheile, welche vor dieser Stelle liegen, nur einzelne Theile am Kopfe lähmt, die an der Respiration Antheil nehmen, während die Athembewegungen des Halses und Rumpfes ungestört fortdauern. Man kann so durch schrittweises Abtragen der Centralorgane von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn bis zu einem kleinen Punkte vorrücken, welcher die Bedingung des Athmens in sich trägt. Führt man einen Schnitt quer vor dem verlängerten Mark so durch, daß dieser Punkt mit dem Rückenmarke zusammenhängt, so spielen die respiratorischen Muskeln des Stammes; im entgegengesetzten Falle diejenigen des Kopfes. Die Zerstörung dieses kleinen

Punktes, der bei Kaninchen z. B. eine Länge von höchstens drei Linien besitzt, hat, so wie bei keinem anderen Theile des Centralnervensystemes, den unmittelbaren Tod zur Folge. Das Thier stürzt wie vom Blitze getroffen zusammen, und es zeigt sich keine Spur mehr von Athembewegung. Es ist dieser Punkt, den man zu erreichen sucht, wenn man einem Thiere den Genickfang giebt. Merkwürdiger Weise behält dieser für das Leben so wichtige Theil, dessen Zerstörung mit solcher Schnelligkeit das Leben endet, auch am längsten seine Erregbarkeit, so daß man durch seine Reizung oft noch Athembewegungen erzielen kann, wenn die übrigen Centraltheile keine Bewegung mehr hervorzurufen im Stande sind.

In derselben Gegend des verlängerten Markes, in welcher die Centralstelle der Athmung sich findet, liegt auch diejenige des Herzschlages, und beide Stellen sind so eng verbunden, daß man sie bei den Versuchen an lebenden Thieren bis jetzt noch nicht zu trennen vermochte, obgleich andere Erfahrungen nachweisen, daß beide in gewisser Beziehung unabhängig sind. Bringt man die Drähte eines Magnetelektromotors an das verlängerte Mark, so steht der Herzschlag augenblicklich still. Man beobachtet dieselbe Wirkung, wie bei der gleichartigen Erregung des herumschweifenden Nerven. Anlegen der Drähte weiter nach unten hin an dem oberen Theile des Rückenmarks beschleunigt dagegen den Herzschlag. So begreift es sich denn, daß die Trennung des verlängerten Markes durch den Genickfang, indem sie gleichzeitige Athmung und Herzschlag aufhebt, den unmittelbaren Tod zur Folge haben muß.

Es hält schwer, bei den so schnellen tödtlichen Wirkungen einer Verletzung des verlängerten Markes, die Beziehung desselben zu den empfindenden und bewegenden Nervenfasern zu bestimmen; es scheint indeß, als ob auch hier die vorderen Stränge hauptsächlich der Bewegung bestimmt und die hinteren vorzugsweise empfindlich seien. Ein anatomisches Verhältniß des vorderen Theiles des verlängerten Markes verdient indessen noch eine besondere Erwähnung. Die Fasern der weißen Substanz

kreuzen sich nämlich hier in der Art, daß diejenigen Primitivröhren, welche im Rückenmarke und dem verlängerten Marke auf der linken Seite verliefen, nun nach rechts hinübergehen, während die von der rechten Seite nach links überschlagen. Aus dieser Kreuzung der Nervenfasern folgt dann das merkwürdige Verhältniß, daß Verletzungen des Gehirnes, wobei empfindende oder bewegende Fasern zerstört werden, stets von Lähmungen der entgegengesetzten Seite im Körper gefolgt werden, während wie natürlich die Lähmungen in denjenigen Theilen, deren Nerven direkt vom Gehirne ausgehen, auf der Seite der Verletzung auftreten. Man hat nicht so ganz selten Gelegenheit, Menschen zu beobachten, bei welchen die linke Gesichtshälfte gelähmt ist, so daß das linke Augenlied nicht gehoben werden kann, der Mund nach rechts verzogen wird, und wo zugleich der rechte Arm und der rechte Fuß bewegungslos und dem Einflusse des Willens entzogen sind. Solche Erscheinungen beweisen Aufhebung der Thätigkeit des Antlitznerven der linken Seite, Lähmung der Körpernerven auf der rechten Seite: sie führen dadurch auf die nothwendige Folge, daß eine Verletzung des Gehirnes auf der linken Seite vorhanden ist, welche, vermöge der im verlängerten Marke Statt findenden Kreuzung, die rechte Körperseite gelähmt hat. Diese Kreuzung ist, wie man sich leicht denken kann, von der größten Wichtigkeit für den Arzt, da er ohne ihre spezielle Kenntniß stets den Sitz einer im Gehirne sich entwickelnden Krankheit verkennen würde. Blutansammlungen in Folge von Schlagflüssen, Eiterbälge, Geschwülste im Gehirne verrathen ihren Sitz meist nur durch solche gekreuzte Lähmungen, und wenn auch in den meisten Fällen die örtliche Behandlung nur wenigen Einfluß üben kann, so giebt es dennoch einzelne Krankheiten, in welchen es von der höchsten Wichtigkeit für das Leben des Kranken sein muß, den genaueren Sitz des Uebels zu erkennen. Gar oft können oberflächliche Eiter- oder Blutansammlungen, welche das Gehirn zusammendrücken, durch die Trepanation entleert und dadurch der Kranke oder Verwundete geheilt werden.

Die verschiedenen Theile des Gehirnes zeigen sich in ihrem
halten zu den Empfindungen und Bewegungen sehr verschie-
Ehe noch die Versuche an lebenden Thieren über diese
hältnisse aufgeklärt hatten, war es den älteren Chirurgen
n aufgefallen, daß man bei durchbringenden Kopfwunden, wo
Hemisphären des großen Gehirnes blosgelegt waren, letzteres
ihren, ja sogar Stücke davon wegnehmen konnte, ohne daß
geringste Schmerz empfunden wurde. Man konnte diese
cheinungen nicht durch die öfter eintretende Besinnungslosig-
erklären, da viele Verwundete das Bewußtsein gar nicht
oren und recht gut empfanden, wenn man die Haut ihres
fes berührte, während die Verletzung oder Reizung ihres
zen Gehirnes durchaus nicht zu dem Bewußtsein gelangte.
Experimentalphysiologie hat diese Beziehungen in so weit
geklärt, daß wir ziemlich bestimmt von den gröberen anatomi-
n Theilen angeben können, welche derselben unempfindlich,
he dagegen empfindlich sind, und es stellt sich hier als allge-
nes Gesetz heraus : daß der Hirnstamm in seinem gan-
Verlaufe empfindlich, sämmtliche Gewölbtheile
r unempfindlich sind. Die Hemisphären des großen
irnes, die sämmtlichen über den großen Hirnhöhlen gelegenen
ile, die Gewölbtheile der Vierhügel über dem Kanale dersel-
die Gewölbtheile des kleinen Gehirnes erscheinen alle durch-
unempfindlich; man kann sie bei lebenden Thieren, deren
ädel man geöffnet hat, auf die grausamste Weise zerfleischen,
e die geringste Schmerzensäußerung hervorzurufen. Dagegen
die zum Hirnstamme gehörigen Ausstrahlungen, welche nach
kleinen Gehirne, den Vierhügeln und dem großen Gehirne
n und die man mit dem allgemeinen Namen der Hirnschenkel
gt, die Sehhügel und die hinteren Theile der gestreiften
per, die einzelnen grauen Knoten, die man in dem hinteren
ile des Hirnstammes findet, alle im höchsten Grade empfind-
und die Thiere stoßen bei ihrer Berührung die jämmerlichsten
reie aus.

Es bestätigen diese von allen Forschern in übereinstimmender Weise gewonnenen Resultate die anatomische Annahme : daß die einzelnen Primitivröhren der peripherischen Nerven aus den grauen Knoten des Hirnstammes entspringen, und daß die Nervenmasse, welche die Gewölbtheile bildet, in keinem direkten Zusammenhange mit den peripherischen Nerven steht. Wir haben in dem vorigen Briefe gesehen, daß der allgemeine Charakter aller Nervenprimitivröhren darin besteht, daß ihre Funktion in ihrem ganzen Verlaufe gleichartig ist; wollte man annehmen, daß die sensiblen Primitivröhren bis in die Gewölbtheile des Gehirnes gelangen, so wäre damit auch nothwendig der Schluß gesetzt, daß sie dort ihre Funktion ändern und einen anderen Charakter annehmen müssen. Man könnte nicht behaupten, daß diese Funktion mit dem Eintreten der Primitivröhren in das centrale Nervensystem geändert werde; denn das Experiment weist nach, daß im ganzen Rückenmarke, im ganzen Hirnstamme eine solche Veränderung ihrer Funktion nicht existirt, sondern daß diese im Gegentheil wohl erhalten bleibt; diese Veränderung der Funktion müßte erst bei dem Eintritte in die Gewölbtheile entstehen. Eine solche Annahme hat nicht nur keinen vernünftigen Grund für sich, sondern auch das Ergebniß der anatomischen Untersuchung gegen sich, wonach die Wurzelfasern der peripherischen Nerven sich nicht weiter, als bis in die grauen Kerne des Hirnstammes verfolgen lassen.

In diesem eigenthümlichen Verhältniß der leitenden Nervenröhren zu den Centralorganen liegt der Grund einer eigenthümlichen Täuschung, welcher wir namentlich bei den Tast- und Schmerzensempfindungen unterworfen sind. Die Erregung, welche durch irgend einen Anstoß dem peripherischen Ende einer nach dem Centralorgane leitenden Nervenfaser mitgetheilt wird, leitet sich in dieser bis zu dem Gehirne fort und wird dort von dem Bewußtsein als lokal beschränkte Empfindung aufgefaßt. Gewisse Fasern im Gehirne müssen demnach stets einer gewissen Lokalität an der Peripherie entsprechen, ihre Erregung, mag dieselbe nun von außen her mitgetheilt, oder durch irgend eine innere Ursache

erzeugt werden, muß in dem Bewußtsein sich in Gestalt einer lokal beschränkten peripherischen Empfindung reflektiren. Hieraus folgt denn, daß auch diejenigen Einwirkungen, welche eine centripetal leitende Nervenfaser nicht an ihrem peripherischen Ende, sondern an irgend einer beliebigen Stelle ihres Laufes treffen, von der dadurch erregten Hirnfaser als Empfindung des peripherischen Endes aufgepaßt werden, wodurch eine wahrhafte Sinnestäuschung entsteht. Man erlaube mir einen Vergleich. Es existiren zwei Telegraphenbureaus, von denen das eine A das peripherische Ende, das andere B das Centralorgan, der dazwischen ausgespannte Draht den leitenden Nerven darstellt. Jeder elektrische Strom, der sich in der Richtung von A nach B bewegt, wird von dem Telegraphisten in B als von dem peripherischen Ende in A kommend aufgefaßt werden, und wenn ohne sein Wissen in der Mitte des Drahtes ein Strom erzeugt, ein neues Bureau errichtet wird, so wird er dessen Mittheilung als von B kommend auffassen müssen. Ganz das Aehnliche findet bei der Auffassung der Empfindung in dem Gehirne Statt, nur daß hier die durch die Organisation selbst bedingte Auffassung so übermächtig ist, daß die Täuschung selbst im Widerstreite mit dem allgemeinen Bewußtsein, das aus vielen anderen Sinnesempfindungen hervorgeht, dennoch ihre Geltung behauptet. Man glaubte früher, daß diese Auffassung in einer eigenthümlichen Struktur der Nerven-Primitivröhren beruhe, weshalb man es als das Gesetz der peripherischen Reaktion bezeichnete; man hat aber jetzt, bei genauerer Untersuchung, diese Uebertragung der Reizung, welche eine Primitivfaser irgendwo in ihrem Laufe trifft, auf ihr peripherisches Ende, dem Centralorgane vindiciren müssen.

Es ist dies Gesetz für die Beurtheilung der Schmerzen namentlich, welche in peripherischen Organen auftreten, von der höchsten Wichtigkeit. Jedermann weiß schon aus seiner eigenen Erfahrung, daß ein Stoß auf den Ellenbogen an dem Orte, wo der Stamm des Ellenbogennerven über den Knochen läuft, eine äußerst schmerzhafte Empfindung in den äußeren Theilen der

Hand, dem Ringfinger und kleinen Finger erregt, daß unleidliches Prickeln, Ameisenlaufen und ähnliche Erscheinungen in der Hand und dem Vorderarme einer solchen Verletzung folgen. Ist ja doch diese Erfahrung so häufig, daß man im gemeinen Leben diese Stelle mit dem Namen des „Hochzeitsknöchelchens" belegt! Es kann hier Jeder das Gesetz der peripherischen Reaktion der Nerven ohne weiteren Schaden durch das Experiment prüfen. In ungemein vielen ähnlichen Fällen überzeugt man sich von der durchgreifenden Gültigkeit dieses Gesetzes. Bei einer Amputation des Oberschenkels z. B. fühlt der Kranke den Schmerz des Hauptschnittes genau an der richtigen Stelle; es werden hier die peripherischen Enden der Hautnerven durchschnitten. Im Momente aber, wo das Messer den Schenkelnerven trennt, glaubt der Verwundete einen heftigen Schmerz in den Zehen, dem Fuße, der Wade zu empfinden, und diese Empfindung ist so gewaltig, ihre Oertlichkeit so unmittelbar angegeben, daß sie über das Bewußtsein des Kranken vollkommen obsiegt. Dieser, der sehr gut weiß, daß man ihm den Nerven des Oberschenkels durchschneidet und nicht den Fuß brennt, empfindet doch im Momente der Durchschneidung einen augenblicklichen Schmerz, wie wenn man ihm den Fuß mit einem glühenden Eisen durchstäche.

Von Seiten des Arztes gehört die größte Vorsicht dazu, um gehörig bestimmen zu können, wo die erregende Ursache eines Schmerzes zu finden sei, der in einem peripherischen Organe auftritt. Der Laie wundert sich oft, warum bei einem bestimmt umschriebenen Schmerze das scheinbar kranke Organ durchaus unberücksichtigt gelassen wird und die Wirkungen der Ableitungsmittel auf ganz andere Punkte gerichtet werden, die ihm vollkommen gesund erscheinen. Die medizinischen Annalen sind mit Beobachtungen von den grausamsten Behandlungsfehlern erfüllt, welche in der Nichtbeachtung dieses einfachen Gesetzes ihren Grund haben, und um zu beweisen, wie leicht der Irrthum und wie fruchtlos die Behandlung ist, die auf dies Gesetz nicht Acht hat, möge folgender, aus den Annalen der englischen Chirurgie entnommener Fall genügen. Ein junges Mädchen leidet an den

heftigsten Schmerzen im Knie, die keiner örtlichen Behandlung weichen wollen. Das Knie selbst erscheint vollkommen gesund; der Nervenschmerz ist aber so heftig, daß nach einigen Jahren einer durch ihn verbitterten Existenz die Kranke flehentlich um Ablösung des Fußes bittet. Das Bein wird über dem Knie amputirt, aber durchaus ohne allen Erfolg, die Schmerzen wurden nach wie vor in dem jetzt entfernten Knie empfunden. Man amputirt den Schenkel zum zweiten Male höher oben — die Schmerzen bleiben. Die Kranke wird einer dritten Operation unterworfen, in welcher man den Oberschenkel aus der Pfanne des Hüftgelenkes ausschneidet — der Erfolg ist nicht glänzender. Die Gemarterte stirbt endlich und bei der Sektion zeigen sich einige knöcherne Plättchen in den Durchgangslöchern der Nerven, wodurch die Wurzeln derselben gereizt wurden. Hier war also der Reiz in der Nähe des Ursprunges der Nerven; seine Folge, der Schmerz, trat in dem peripherischen Verbreitungsbezirk des Nerven am Knie auf, und alle örtliche Behandlung des schmerzenden Theiles, ja selbst seine Entfernung, konnte natürlicher Weise keinen Erfolg haben.

Aus dem hier angeführten Falle schon geht hervor, daß man sogar Schmerzen in Gliedern fühlen kann, welche verloren gegangen sind, eben weil die verstümmelten Nerven stets noch die Reize, von welchen sie betroffen werden, auf die ihnen fehlende peripherische Endigung übertragen. Aus diesem Gefühle geht dann die Erscheinung hervor, daß Amputirte, so lange sie leben, stets das Gefühl der Extremität haben, die ihnen fehlt, und selbst 20 und 30 Jahre nach der Operation, nachdem sie sich längst an den Verlust des Gliedes gewöhnt haben, diejenigen Gefühle, welche den Stumpf betreffen, auf das verlorene Glied übertragen. Entzündungen, Verletzungen des Stumpfes werden in dem Fuße oder der Hand schmerzhaft empfunden, und selbst ganz gesunde Leute können trotz der handgreiflichen Ueberzeugung sich dieser Integrirung ihres fehlenden Gliedes nicht entschlagen und begehen in unbewachten Augenblicken Handlungen, welche darauf hindeuten, daß sie sich noch im Besitze ihrer Ex-

tremität fühlen. Sie bedecken sorgfältig im Bette den Ort, wo der fehlende Fuß liegen würde; springen, plötzlich aufgeschreckt, in die Höhe, als könnten sie auf beide Beine sich stützen, und fallen dann zur Erde nieder; greifen mit dem Stumpfe des Armes nach Gegenständen, als ob sie dieselben mit der fehlenden Hand fassen wollten, und ähnliche Erscheinungen mehr. Wie sehr diese Integritätsgefühle der Amputirten in der Organisation der Nerven begründet sind, beweisen auch die Träume solcher Verstümmelten. Anfangs, in den ersten Jahren nach der Operation, träumen sich die Individuen durchaus gesund, unverletzt; Leute, welche das Bein verloren haben, gehen in ihren Träumen auf zwei gesunden Beinen einher. Allmählich aber mischt sich das Bewußtsein der Verstümmelung in die Traumvorstellungen: der Mensch besitzt zwar seinen Arm, sein Bein noch, aber er kann sich ihrer nicht bedienen und schleppt das Glied als unnütze Last mit sich. Es mag wohl wenige Invaliden geben, die alt genug werden, um sich so verstümmelt zu träumen, als sie wirklich sind; aber auch in diesem Falle, wo bei den subjektiven Vorstellungen die Erinnerung an ihr früher besessenes Gut verloren gegangen ist, selbst in diesen Fällen tritt bei objektiven Verletzungen des Stumpfes das Integritätsgefühl hervor und der Invalide, der sich auf Krücken träumte, fühlt bei Entzündung des Stumpfes Schmerzen in den peripherischen Theilen seines verstümmelten Gliedes.

Die neuere Chirurgie, welche sich theilweise zur Aufgabe gesetzt hat, verlorene Theile zu ersetzen, hat schon manche merkwürdige Resultate in Hinsicht der Lokalisation der Empfindungen geliefert. Verloren gegangene Nasen werden nach den neueren Operationsmethoden in der Weise ersetzt, daß man auf der Stirn ein dreieckiges Stück Haut ausschneidet, welches nur an der Nasenwurzel durch eine Brücke mit der übrigen Haut in Zusammenhang bleibt. Den auf diese Weise gebildeten Lappen dreht man um und heftet ihn an die wundgeschnittenen Ränder der zerstörten Nase an. Die neue Nase ist demnach aus der Stirnhaut gebildet und fühlt sich als Stirnhaut so lange, als die Brücke noch be-

steht, welche man an der Nasenwurzel zu dem Endzwecke gelassen hatte, um die Ernährung des Lappens zu unterhalten. Diese Brücke wird durchschnitten, sobald der Lappen auf den Seiten angeheilt ist und seine Ernährung von der Wange aus geschehen kann. Unmittelbar nach dieser Durchschneidung ist der Lappen durchaus gefühllos; nach einiger Zeit aber stellt sich allmählich mehr und mehr die Empfindung wieder her, und in den meisten Fällen fühlt sich der Lappen dann nicht mehr als Stirn, sondern eben als Nase. Es giebt indessen auch Fälle, und man hat vergessen, auf diese Gewicht zu legen, in welchen die neue Nase stets ein mehr oder minder dumpfes Gefühl hat, wie wenn sie noch in der Stirn läge. Bei einem Operirten, dessen Brücke seit neun Wochen durchschnitten war, hatte sich dies Gefühl auf der einen Seite der neuen Nase sehr deutlich erhalten. Einige dort befindliche Erhabenheiten wurden mit Kantharidensalbe betupft, und jedesmal klagte der Kranke über Schmerz, deutlichen Schmerz an derjenigen Stirnstelle, wo früher der betupfte Ort sich befand.

Hier hängt es offenbar von dem centralen Punkte ab, welchen die neugebildeten Nervenfasern erreichen, ob die Empfindung auf die Stirne oder auf die Nase lokalisirt wird. Der von der Stirne auf die Nase verpflanzte Hautlappen fühlt sich als Stirn, so lange seine Nervenverbindung mittelst der Brücke an der Nasenwurzel noch existirt. Er ist gefühllos nach deren Durchschneidung, weil alle seine Nerven durchschnitten sind. Bilden sich neue Nervenfasern in ihm, welche mit den Nervenstämmen der Wange und durch diese mit den Lokalfasern der Wange im Gehirn, wenn ich mich so ausdrücken darf, in Verbindung treten, so fühlt der Hautlappen sich als Nase; tritt aber die Vereinigung der neugebildeten Nervenröhren so ein, daß die Fasern der Stirnnerven die Leitung übernehmen, so wird der Hautlappen sich als Stirne fühlen. Wir kommen somit durch alle diese Untersuchungen nothwendig zu dem Schlusse, daß in dem Bereiche des empfindenden Nervenapparates sich drei verschiedene Gruppen von Fasern befinden: die einen, welche

die Leitung von der Peripherie her vermitteln; die anderen, welche innerhalb des Centralorganes die lokale Empfindung erzeugen; die dritten endlich, welche in dem allgemeinen Bewußtsein diese lokale Empfindung verarbeiten. Jede dieser Nervengruppen, für sich angeregt, mag die ihnen entsprechende Empfindung erzeugen, und manche Krankheitserscheinungen können hierin ihre Erklärung finden. Die herumziehenden Schmerzen der Hysterischen und Hypochonder, die beständig den Ort wechseln, ohne daß eine lokale Veränderung vorhanden sei, beruhen sicherlich auf krankhaften Erregungen der empfindenden Nervengruppen, die in dem Centralorgane Statt finden.

Die Resultate der Versuche hinsichtlich der Bewegung sind nicht so genau und überzeugend, als diejenigen, welche sich auf die Sensibilität beziehen. Es sind hier zwei Reihen von Thatsachen wohl zu unterscheiden, welche man wohl mit dem Namen der direkten und indirekten Lähmung bezeichnen könnte. Während die Beobachter einzig nun der letzteren ihre Aufmerksamkeit zuneigten, vernachlässigten sie die Erscheinungen der ersteren durchaus. Ich will mich deutlicher ausdrücken. Wenn man eine motorische Primitivröhre reizt, so ziehen sich diejenigen Muskeln zusammen, zu welchen sie sich begiebt. Reizt man einen Theil des Rückenmarkes, den man isolirt hat, um den später zu besprechenden mitgetheilten Bewegungen zu entgehen, so bewegen sich die Muskeln, zu welchen die gereizten Nervenfasern gehen. Zerstört man die Nervenfasern, so hört die Bewegung auf. Dies ist eine direkte Reizung, eine direkte Lähmung, bedingt gleichsam durch Zerstörung der Brücke, auf welcher die Reaktion gegen den Reiz fortschreiten muß.

Das Centralnervensystem besitzt aber, wie wir im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen werden, besondere Eigenschaften, wodurch die Nervenkraft erhalten, die Empfindungen dem Bewußtsein zugeführt, die Bewegungen dem Willen unterworfen werden. Werden die Theile, welchen diese Eigenschaften zukommen, verletzt, so hören auch die Funktionen auf. Werden diejenigen Theile verletzt, welche dem Bewegungswillen (wenn es erlaubt

ist, sich so auszudrücken) und der Ueberleitung des Willens zu den bewegenden Primitivröhren vorstehen, so können die Bewegungen zwar noch durch direkte Reize hervorgerufen werden, nicht aber mehr durch den Willen des Individuums, für welches diese indirekte Lähmung eben so vollkommen ist, als diejenige, welche durch direkte Zerstörung der bewegenden Nervenprimitivröhren hervorgebracht ist. Der Einfluß der Centraltheile des Nervensystemes nach diesen zwei Richtungen hin, die man meist zusammenwarf, ist noch nicht gehörig ermittelt; man weiß nur, daß die Reizung der Gewölbtheile keine Zuckungen, weder im Körper noch in den Kopfmuskeln erregt, daß mithin keine direkt bewegende Primitivröhre in diese Gewölbtheile eintritt. Daß bei Reizung der hinteren Theile des Hirnstammes convulsivische Zuckungen in einzelnen Muskeln des Körpers bedingt werden, ist sicher gestellt; wie weit nach vorn aber direkt bewegende Primitivröhren im Hirnstamme sich nachweisen lassen, werden spätere Experimentatoren erst lehren.

Als allgemeines Resultat läßt sich demnach behaupten, daß keine Primitivröhre eines peripherischen Nerven weiter als bis in den Hirnstamm vordringe, daß mithin alle Funktionen der peripherischen Nerven nur im Rückenmarke und im Hirnstamme concentrirt seien. Nichts desto weniger sehen wir täglich Lähmungen der Gliedmaßen, bedingt durch Krankheitsprozesse, welche in Gehirntheilen ihren Sitz haben, deren Reizung keinen Schmerz, keine Bewegung bedingt. Weit entfernt, diese Erscheinungen aus indirekter Lähmung herleiten zu wollen, bedingt durch Vernichtung derjenigen Theile, welche den bewegenden Primitivfasern den Befehl zur Ausübung ihrer Funktion mittheilen, suchte man sich durch mancherlei sonderbare Hinterthüren aus der Schlinge zu ziehen. Man sagte, es finde Druck auf den Hirnstamm statt; man schloß, daß die Primitivröhren dennoch bis in die schmerzlosen Theile vordrängen, wobei man sich auf die Faserung der weißen Substanz stützte, daß sie aber ihren Charakter änderten, und dergleichen Erklärungsversuche mehr. Experiment und Beobachtung, wenn auch unvollständig, haben uns doch Thatsachen ge-

liefert, die als Anhaltspunkte einer consequenten Betrachtung der Erscheinungen dienen müssen. Wagen wir einmal consequent zu sein. Stellen wir die Elemente unserer Schlüsse zusammen. Die bewegenden Primitivröhren enden im Hirnstamme. Thiere, Vögel, denen das große Gehirn fehlt, führen noch zweckmäßige Bewegungen aus, aber nur auf äußeren Anstoß. Leute, die an Krankheiten der Gewölbtheile leiden, sind oft gelähmt; sie möchten die gelähmten Glieder bewegen, können aber nicht. Druck auf den Hirnstamm anzunehmen, ist in den meisten Fällen dieser Art geradezu Unsinn; wie soll eine erweichte Stelle in der Hemisphäre den Hirnstamm zusammendrücken? Doch zurück zu unseren Prämissen. Warum bewegt sich der Vogel ohne Großhirn nicht? Er empfindet kein Bedürfniß, Bewegung zu wollen; regt man dies Bedürfniß an, so bewegt er sich. Warum bewegt sich der Kranke nicht? Seine bewegenden Primitivröhren sind unverletzt, denn galvanische Reizung bringt sie in Thätigkeit; er kann wollen, sich selbstständig das Bedürfniß der Bewegung hervorrufen, was der enthirnte Vogel nicht konnte, aber die Brücke fehlt, der Wille wird den bewegenden Organen nicht mitgetheilt; daher die Lähmung. Wir haben demnach, aus den Thatsachen klar nachgewiesen, drei Klassen von Theilen, welche zur Bildung einer Bewegung nöthig sind: direkt bewegende Primitivröhren, welche der Wille oder ein Reiz treffen muß, die aber selbstständig ihre Thätigkeit nicht hervorrufen können; Theile, die den Willen leiten, und endlich Theile, die den Willen bedingen, gleichsam ausarbeiten. Zerstörung eines jeden dieser Theile kann Lähmung bedingen; in jedem vorliegenden Falle wird es davon abhängen, zu bestimmen, welcher Art die Lähmung sei. Wie man sieht, stimmen diese Resultate durchaus mit denjenigen überein, die wir bei der Analyse der Empfindungen erhielten, wo ebenfalls eine dreifache Gruppirung der Elementartheile sich herausstellte.

Im vorigen Briefe wurde nachgewiesen, daß die Isolirung einer jeden Nervenprimitivröhre eine wesentliche Eigenschaft des peripherischen Systemes sei, und daß durch eine Reizung, welche

eine bestimmte Primitivröhre trifft, nie eine zweite affizirt werden könne, auch wenn sie dicht daneben läge. Diese Isolation der betroffenen Nervenfasern erhält sich in dem Centralnervensysteme nur in sehr geringem Grade; meist findet Mittheilung von einer Primitivröhre auf die andere Statt. Am leichtesten geschieht diese Mittheilung, dieses Ueberspringen auf ungleichnamige Primitivröhren, namentlich von empfindenden auf bewegende Nerven, und man hat die durch solches Ueberspringen der Empfindung auf bewegende Fasern bedingten Bewegungen Reflexbewegungen genannt; während die Mittheilung von gleichnamigen Fasern auf gleichnamige, von empfindenden auf empfindende besonders Sympathieen genannt wurden. Eine Menge von täglich vorkommenden Erscheinungen lassen sich nur durch solche Reflexbewegungen und Sympathieen erklären, und zahllose Versuche an Thieren, so wie genaue Analyse theils gesunder, theils kranker Zustände haben die Gesetze, nach welchen diese Reflexerscheinungen zu Stande kommen, in ihrer ganzen Ausdehnung kennen gelehrt. Auch bei der Analyse dieser Erscheinungen wird uns vorzüglich die nackte, durch den Versuch gewonnene Thatsache leiten.

Im Augenblicke der Enthauptung eines Thieres ziehen sich alle Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten auf das Kräftigste zusammen. Die Reizbarkeit ist dann meist auf Augenblicke erschöpft; einige Zeit nach der Enthauptung aber zeigt der Rumpf Reflexbewegungen. Berührt man den Fuß mit der Nadel, so wird er an den Leib angezogen; sticht man stärker, so erfolgen einige abwehrende Bewegungen desselben Fußes; bei noch heftigerer Reizung werden beide Hinterbeine, ja selbst die Vorderbeine bewegt. Auf jede Reizung erfolgt so eine entsprechende Bewegung, und zwar entspricht die Ausdehnung der Bewegung gewöhnlich der Größe des Reizes, wobei freilich die Empfänglichkeit des Thieres selbst in Betracht zu ziehen ist. Im warmen Sommer, besonders aber in der Begattungszeit, wird man die Reflexbewegungen der Frösche stets weit bedeutender finden, als im Winter; bei allmählich sich erschöpfender Erregbarkeit werden die Muskelgruppen, welche auf dieselbe Reizung antworten, stets

minder zahlreich, die Zuckungen weniger heftig. Nicht minderen Einfluß haben die peripherischen Reizungsstellen. Reizungen der Haut haben stets bedeutenderen Einfluß, als Reizungen der zur Haut gehenden Nervenstämme — einzelne Hautstellen sind empfindlicher als andere. Bei den Amphibien und Fischen erhalten sich diese reflektirten Bewegungen am längsten; sie verschwinden ziemlich schnell bei warmblütigen Geschöpfen. Die Bewegungen eben getödteter Vögel, Tauben und Hühner, sind allen Köchinnen bekannt; nicht minder die lebhaften Bewegungen, welche der enthauptete Rumpf eines Aales macht, und die zu dem allgemeinen Glauben verleiteten, selbst die Stücke eines Aales lebten noch und sprängen aus der Pfanne, um dem Rösten zu entgehen. Alle diese Bewegungen sind Reflexbewegungen, hervorgebracht durch den Hautreiz des Rupfens, des Schmorens in der Pfanne, wodurch Muskelbewegungen erzeugt werden, die dem angebrachten Reize entsprechen und je nach der Reizbarkeit des Thieres stärker oder schwächer werden.

Sucht man nun auf experimentellem Wege zu ermitteln, auf welche Weise diese Bewegungen zu Stande kommen, bei welchen der Wille und das Bewußtsein des Thieres keine Rolle spielen können, so ergiebt sich zuvörderst, daß dieselben durchaus von dem Dasein des Rückenmarkes abhängen. Geht man bei einem enthaupteten Thiere mit einem Drahte in den Wirbelkanal ein und zerstört das Rückenmark, so zeigt sich auch keine Spur von Reflexbewegungen mehr, wenn dieselben auch noch so lebhaft unmittelbar vor dieser Zerstörung sich zeigten. Es genügt deshalb, eine Stricknadel durch den Wirbelkanal eines Aales zu stoßen, um die Stücke regungslos liegen zu sehen. Es beweist diese einfache Thatsache, daß das Ueberspringen der Reizung von fühlenden Fasern auf bewegende, einzig nur durch Vermittlung des Centralnervensystemes zu Stande gebracht werden kann. Ja es ist diese Eigenschaft wesentlich an die graue Substanz gebunden, und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung, während, wie es scheint, die weiße Substanz des Rückenmarkes keinen Einfluß darauf ausübt. Man kann letztere großen Theils, ja gänzlich

durchschneiden und nur in der Mitte eine sehr kleine Brücke von grauer Substanz übrig lassen, welche den Zusammenhang zwischen getrennten Theilen des Rückenmarkes vermittelt, und die Reflexbewegungen bleiben, wenn auch um so schwächer werdend, je geringer die graue Verbindungsbrücke ist. Ebenso beweisen andere Versuche, daß diese Vermittelung nicht an einzelne Stellen im Rückenmarke, sondern an die ganze Ausdehnung der grauen Substanz gebunden ist. Schneidet man das Rückenmark in der Mitte des Rückens durch, so daß die untere Hälfte von der oberen getrennt ist, so werden Reizungen der hinteren Extremitäten Bewegungen der Füße, Reizungen der vorderen reflektirte Bewegungen der Vorderbeine, aber auch nur dieser, veranlassen, da die Communikation zwischen vorderer und hinterer Hälfte unterbrochen ist. Theilt man das Rückenmark genau der Länge nach in zwei seitliche Hälften, indem man nur am vorderen Ende eine Brücke zwischen diesen beiden Hälften läßt, so erscheinen noch Reflexbewegungen in allen vorderen wie hinteren Extremitäten. Theilt man das Mark quer durch in Segmente, innerhalb welcher Nervenwurzeln eintreten, so entstehen Reflexbewegungen, welche auf diejenigen Theile beschränkt sind, deren motorische Primitivröhren mit demjenigen Segmente in Verbindung stehen, dessen sensible Nerven gereizt wurden.

Gleiche Erscheinungen zeigen sich an dem Kopfe, wenn man auch die Gewölbtheile des Gehirns weggenommen und nur den Hirnstamm hat bestehen lassen. Reizungen der einzelnen Theile sind dann von entsprechenden Bewegungen gefolgt, und es erstreckt sich diese Fähigkeit, Reflexbewegungen hervorzurufen, nicht nur auf die fühlenden Nerven, sondern auch auf die Sinnesnerven. Bei der Reizung des Auges durch Licht wird die Pupille verkleinert, ja selbst das Auge geschlossen, ohne daß hierbei Einfluß des Willens herrschen könnte.

Eine Menge von Erscheinungen, die sich im lebenden Zustande zeigen, hängen einzig von diesen reflektirten Bewegungen ab. Das unwillkürliche Blinzeln der Augenlieder während der geöffneten Augen ist eine reflektirte Bewegung, bedingt durch

das Trockenwerden der Bindehaut; das unmittelbare Schließen, wenn man rasch auf die Augen mit dem Finger zufährt, und das man bei dem besten Willen nicht verhindern kann, ist eine Reflexbewegung, bedingt durch den plötzlichen Eindruck auf den Sehnerven. Kitzeln der Nasenschleimhaut erregt Niesen, des Gaumens Schluckbewegungen und Erbrechen; jeder Nadelstich, der unversehens eine Hautstelle trifft, ist unmittelbar von einer Zuckung gefolgt, die nur dann vermieden werden kann, wenn wir darauf vorbereitet sind und unseren Willen über die Reaktion gebieten lassen. Ja die Versuche, welche man an enthaupteten Thieren anstellt, werden oft auch durch unglückliche Verhältnisse am Menschen möglich. Nach Brüchen der Wirbelsäule, wobei das Rückenmark zerquetscht und die hinteren Extremitäten gelähmt und dem Willen entzogen werden, zeigen diese letzteren sehr oft reflektirte Bewegungen, wenn sie gestochen oder gekneipt werden.

Es geht aus den dargelegten Erscheinungen hervor, daß Reflexbewegungen nur dann möglich sind, wenn die sensitiven und motorischen Fasern durch ein Stück Rückenmark oder Hirnstamm mit einander in Verbindung stehen. Die Zweckmäßigkeit der Bewegung beweist weiter, daß die Empfindung der Oertlichkeit ebenfalls in denjenigen Theilen des Centralorgans vorhanden ist, welche die Reflexbewegungen vermitteln, und daß die Bewegungen in Folge dieser Ortsempfindung zweckmäßig combinirt werden. Der geköpfte Frosch, dem man ein Stückchen Kohle auf den Vorderfuß legt, sucht dieses mit dem Hinterfuße wegzukratzen. Der Schwanz des zerschnittenen Aales sucht sich von dem Lichte zu entfernen, womit man ihn auf der einen Seite brennt. Die Gruppen von Fasern, welche die Lokalisation der Empfindung vermitteln und deren Existenz wir oben aus den Leitungserscheinungen der empfindenden Nerven ableiteten, finden sich demnach noch in dem Rückenmarke und dem Hirnstamme, nicht aber in den Gewölbtheilen, in welchen einzig die höheren Seelenthätigkeiten concentrirt sind.

Aus dieser Gruppirung ergiebt sich auch der Einfluß, welchen die Gewölbtheile selbst auf die Reflexbewegungen ausüben.

Bewußtsein und Wille wirken ihnen entgegen und können sie selbst bis auf einige Combinationen solcher Reflexbewegungen, die zum Leben unbedingt nothwendig sind, gänzlich aufheben. Zu diesen letzteren Gruppen gehören die Athem- und Herzbewegungen, über welche wir unter gewöhnlichen Bedingungen nicht mehr Herr sind, die wir aber dennoch, wie neuere Versuche lehren, willkürlich gänzlich unterdrücken und dadurch Ohnmacht und selbst den Tod herbeiführen können. Die Erzählungen über Selbstmord durch willkürliches Hinterhalten des Athmens, die uns aus dem Alterthume überliefert worden sind, galten bis jetzt für eine physiologische Fabel. So erzählt Valerius Maximus: „Es giebt auch merkwürdige Todesfälle, welche auswärts vorgekommen sind. Hierher gehört vorzüglich der des Coma, welcher der Bruder des Räuberhauptmannes Cleon gewesen sein soll. Als dieser nämlich nach Enna, welches die Räuber inne gehabt hatten, von den Unsrigen aber genommen worden war, vor den Consul Rupilius gebracht und über die Macht und die Absichten der Flüchtigen befragt wurde, nahm er sich Zeit, um sich zu sammeln, verhüllte das Haupt und indem er sich auf seine Kniee stützte, und den Athem unterdrückte, verschied er sorgenfrei unter den Händen der Wächter und vor den Augen des Machthabers. Mögen sich die Elenden quälen, denen nützlicher ist zu sterben, als fortzuleben mit ängstlichen Vorsätzen, wie sie aus dem Leben gehen sollen, mögen sie das Schwerdt schärfen, Gift mischen, zum Strange greifen, von ungeheueren Höhen herunterschauen, als ob es großer Vorrichtungen und tiefen Nachdenkens bedürfe, um das schwache Band zwischen Leib und Seele zu trennen. Coma brauchte von alledem nichts, sondern fand dadurch, daß er den Athem in der Brust verschloß, seinen Tod.“

Es bedarf zur Durchführung dieses Versuches nur des Anhaltens des Athmens mit gleichzeitiger Zusammendrückung der Brust, die man entweder mit den Händen oder auch durch die Athemmuskeln selbst bewirken kann. Der Herzschlag hört augenblicklich auf, die Herzgeräusche sind nicht mehr hörbar, man

fühlt noch einzelne schwache Pulsschläge, die dann vollständig aufhören. Setzt man den Versuch auch nur eine Minute fort, so tritt die Ohnmacht und vollständige Bewußtlosigkeit ein, die leicht in gänzliches Erlöschen des Lebens überführen kann. Man sieht also, daß auch hier die den Willen erzeugenden Gebilde des Centralnervensystemes eine absolute Herrschaft über die Reflexbewegungen ausüben können, woraus als natürliche Folge sich ergiebt, daß die Reflexbewegungen um so vollständiger Platz greifen können, je mehr die Thätigkeit der Gewölbtheile unterdrückt ist. Deshalb sehen wir sie am Vollständigsten bei enthaupteten Körpern, bei Neugeborenen, wo die Thätigkeiten des Gehirnes noch nicht ausgebildet sind und das Leben ohne ihr stetes Spiel selbst nicht erhalten werden könnte. Deshalb sehen wir sie auch im tiefen Schlafe und weniger vollständig beim leisen Schlummer oder in Augenblicken, wo die Gewölbtheile des Gehirnes mit anderen Verrichtungen beschäftigt sind. Ein in tiefem Nachdenken begriffener Mensch wird eher eine automatische Bewegung vollführen, um z. B. eine Fliege zu verjagen, und eher dem Eindrucke des Kitzels nachgeben, als derjenige, welcher sich zusammennimmt und vorbereitet seinen Willen gegen die Reflexthätigkeit wirken läßt.

Man hat in ähnlicher Weise wie Reflexbewegungen auch Reflexempfindungen, sowie Mitbewegungen und Mitempfindungen annehmen wollen. Bei der Reflexbewegung findet offenbar eine Uebertragung der Erregung von einer empfindenden auf eine bewegende Faser innerhalb des Rückenmarkes Statt. Man glaubte nun nachweisen zu können, daß auch umgekehrt die Erregung von einer bewegenden Faser auf die empfindende überspringen könne, so daß in Folge von Bewegungen Schmerz an irgend einer anderen Stelle gefühlt würde, und man nahm endlich auch die Mittheilung der Erregung zwischen gleichnamigen Nervenfasern an, so daß die Erregung einer bewegenden Faser Bewegungen anderer Gebilde, die einer empfindenden Empfindung an anderen Orten erzeugen sollte. Alle Erscheinungen, die man zu Gunsten der Reflexempfindungen sowie der Mitempfindungen

angeführt hat, können leicht auch auf andere Weise erklärt werden. Dagegen giebt es in der That gewisse Mitbewegungen, die davon abzuhängen scheinen, daß die von dem Willen mitgetheilte Erregung sich in dem Gehirne selbst nicht genau lokalisirt, sondern einer ganzen Gruppe von peripherischen Nervenfasern mitgetheilt wird. Diese Mitbewegungen können aber eben so leicht durch fortgesetzte Uebung beseitigt wie errungen werden, so daß demnach der Wille auf dieselben eine ähnliche Herrschaft erlangen kann, wie auf die Reflexbewegungen. Es giebt eine Menge von Menschen, die den Ringfinger oder kleinen Finger nicht abgesondert von einander bewegen können. Durch Uebung beim Clavierspielen eignen sie sich diese Fähigkeit an. Andere schließen stets beide Augen zugleich; sobald sie Jagdgänger werden, lernen sie beim Schießen nur das eine Augenlied zu brauchen. Andererseits sind es die angewöhnten Mitbewegungen, welche den wesentlichsten Einfluß sogar auf die Oekonomie der menschlichen Gesellschaft ausüben. Der geübte Arbeiter, der in derselben Zeit das Doppelte und Dreifache der Arbeit des ungeübten liefert, unterscheidet sich nur dadurch, daß er sich eine Reihe von Mitbewegungen angewöhnt hat, zu deren Ausführung es keiner besonderen Operation des großen Gehirnes, keines Nachdenkens und Wollens mehr bedarf, wodurch sowohl Zeit als Kraft gespart werden.

Noch weit weniger als die in dem Hirnstamme lokalisirten Fähigkeiten sind die Eigenschaften der Gewölbgebilde des Centralnervensystemes im Einzelnen bekannt. Die operativen Eingriffe, welche bei Versuchen nothwendig sind, ermangeln meist der genaueren anatomischen Controle, da die Untersuchung der Gewölbegebilde selbst noch keine genaueren Resultate in Bezug auf den Verlauf der einzelnen Fasern und auf ihr Verhältniß zu den Nervenzellen und den peripherischen Nervengebilden geliefert hat. Es mag genügen, ein Beispiel anzuführen, um zu zeigen, wie mannichfach die Resultate solcher Versuche schwanken können.

Man hat sich durch Versuche überzeugt, daß die Durchschneidung des Kleinhirnschenkels Drehbewegungen erzeugt, welche

unabhängig von dem Willen des Thieres und eine nothwendige Folge der Verletzung sind. Die Angaben der Beobachter waren aber einander entgegengesetzt. Das Thier dreht sich nach der verletzten Seite hin, riefen die Einen. — Mit Nichten, antworteten die Anderen, nach der gesunden Seite dreht es sich. Beide hatten Recht. Trifft der Schnitt näher an der Wurzel des Hirnschenkels, an dem verlängerten Marke, so dreht sich das Thier nach der Verwundungsseite; — trifft er, kaum eine Linie weiter gegen das kleine Gehirn hin, so dreht es sich nach der gesunden Seite. So schwanken die meisten Versuche, die man in dieser Art angestellt hat, in ihren Resultaten außerordentlich, eben weil man oft nur ungefähr die Stelle bezeichnen kann, wo die Verletzung beigebracht wurde, und es unmöglich ist, mit Bestimmtheit zu sagen, welche Fasern man getroffen, welche Nervenleitung man durchschnitten hat. Im Allgemeinen beschränken sich daher diese Versuche auf den Nachweis gewisser Zwangsbewegungen, welche in Folge der Verletzungen besonders der Hirnschenkel und der Hirnstammtheile eintreten, sowie auf die Herstellung einer Reihe von Verdummungserscheinungen, die um so bedeutender werden, je größer die Zerstörung ist, die man in dem großen Gehirne angerichtet hat. Beide Reihen von Erscheinungen, so unvollständig ihre Resultate auch im Verhältniß zu den einzelnen Gehirnfunktionen sein mögen, werfen indeß dennoch einiges Licht auf die Funktionen der Hirntheile im Ganzen, und haben deshalb ein besonderes Interesse.

Es ist schon vielen Experimentatoren gelungen, Vögel, denen man das ganze große Gehirn weggenommen hatte, bei künstlicher Fütterung Monate lang am Leben zu erhalten und so die Erscheinungen studiren zu können, welche solche, des großen Gehirnes beraubte Thiere darbieten. Tauben, die auf diese Art operirt sind, sitzen wie in beständigem Schlummer. Sie haben den Hals eingezogen, die Flügel am Leibe und ruhen anfangs zumeist auf beiden Füßen. Stößt man sie, kneipt man sie in die Füße, so erwachen sie, schütteln den Körper und die Federn, öffnen die Augen, bewegen sich schwankend ein paar Schritte

weit vorwärts, fallen aber dann in den vorigen Schlummer zurück. Läßt man sie aus der Höhe herabfallen, so breiten sie die Flügel aus, fliegen auch ganz gut und in bestimmter Richtung, nur sinken sie bald auf den Boden, von dem sie sich nicht zu erheben streben. Zuweilen aber erwachen sie von selbst, und dann besteht ihr einziges Geschäft darin, ihre Federn zu putzen und zu ordnen. Die Augen sind empfindlich gegen das Licht; die Taube schließt zwar die Augenlieder nicht, sobald man ihr eine Kerze nähert, aber sie zeigt doch einige Unruhe und folgt selbst in ihren Bewegungen mit dem Kopfe einer Kerze, die man im Dunkeln vor ihren Augen umherdreht. Beim Berühren der Zehen entfernt sie den Fuß; wiederholt man mehrmals dieselbe Berührung, so birgt sie den Fuß unter den Flügel und bleibt, ohne zu wanken, im Gleichgewichte anf einem Fuße sitzen. Kneipt man nun den anderen Fuß, so zieht sie den zuerst verborgenen hervor und steckt denjenigen unter, welchen man zuletzt berührte. Hält man ihr scharf stechende, ätzende Substanzen, wie Ammoniak, an die Nase, so schüttelt sie heftig den Kopf, kratzt mit dem Fuße an der Nase, um den reizenden Körper wegzubringen. Sie ist unfähig, ihr Futter zu picken; man muß ihr den Schnabel öffnen und das Futter bis zur Zungenwurzel einbringen, worauf sie dasselbe hinunterschluckt.

Es zeigen diese Erscheinungen, daß die Bewegungen nach der Wegnahme des großen Gehirnes nicht nur in ihrer ganzen Vollständigkeit erhalten bleiben, sondern daß sie auch dieselbe Zweckmäßigkeit in ihren Combinationen behalten, welche sie in dem unverletzten Thiere besaßen, wenn gleich das ganze Verhalten der Bewegungen darauf hindeutet, daß sich das Thier in einem gewissen Traumzustande befindet, in welchem es sich weder der Empfindungen, noch der Bewegungen klar bewußt wird.

Man sieht, daß hier eine gewisse Verschiedenheit mit den Reflexbewegungen Statt findet, die darauf begründet ist, daß bei den Reflexbewegungen zwar einzelne Bewegungen eine gewisse Zweckmäßigkeit haben können, daß aber die Gruppirung und Combination mehrerer Bewegungen zu einem bestimmten Zwecke

fehlt. Ein enthauptetes Thier flattert noch krampfhaft, fliegt aber nicht. Es kann weder seine Federn putzen, noch sich im Gleichgewichte auf den Füßen erhalten, aber es macht Bewegungen zur Abwehr des Schmerzes, die zu diesem beschränkten Zwecke angepaßt sind. Anders das enthirnte Thier, bei welchem der Hirnstamm mit dem kleinen Gehirne erhalten sind. Alles, was das Thier im Schlafe zu thun vermag, kann hier mit derselben Vollständigkeit ausgeübt werden. Ganz ähnliche Beobachtungen, wie die an Tauben, hat man auch an Hunden und Kaninchen, wenn auch hier mit geringerem Erfolge angestellt, da die Säugethiere dem operativen Eingriffe sehr schnell erliegen.

Wenn die Wegnahme des großen Gehirnes auf die Combination der Körperbewegungen keinen Einfluß äußert, so ist dies dagegen augenscheinlich bei dem kleinen Gehirne der Fall. Thiere, denen man das kleine Gehirn weggenommen oder mit einer glühenden Nadel zerstört hat, so daß alle sonst die Resultate beeinträchtigende Blutung vermieden wird, solche Thiere bieten alle Erscheinungen einer vollen Trunkenheit dar. Sie schwanken, auf den Füßen stehend, hin und her, fallen bald nach vorn, bald nach hinten, bald seitlich; können nicht gerade gehen, keinen sicheren Schritt machen; fallen sie, so gelingt es ihnen nur durch Zufall, sich wieder aufzurichten. Die Flugbewegungen von Vögeln, welche in dieser Weise operirt wurden, bleiben möglich; die Tauben flattern, können aber nie dazu kommen, die Flügel regelmäßig so zu bewegen, daß sie sich in die Luft erheben; auf Schmerzempfindungen wird nicht durch geregelte Fluchtversuche, sondern durch regellose, krampfhafte Bewegungen geantwortet. So ist es denn durch das Experiment unzweifelhaft nachgewiesen, daß das kleine Gehirn wirklich wesentlich zur Combination der Bewegungen, zur Anpassung derselben an den beabsichtigten Zweck beitrage, und daß es in dieser Beziehung in der nächsten Beziehung zu den motorischen Fasern stehe. Einseitige Zerstörung desselben bedingt halbseitige Körperlähmung, die ebenfalls in dieser Aufhebung der Coordination beruht. Die so gelähmten Thiere und Menschen können noch die gelähmte

Hälfte einigermaßen bewegen, allein nicht so, daß der Fuß z. B. die zur Feststellung des Körpers nöthigen Bewegungen combiniren könnte. Es findet indirekte Lähmung durch Veränderung des Einflusses der Bestimmung Statt.

Einseitige Durchschneidungen der tieferen Theile des kleinen und des Mittelgehirnes, namentlich der verschiedenen Schenkel, welche von dem Hirnstamme zu den Gewölbtheilen gehen, rufen jene eigenthümlichen Drehungserscheinungen hervor, welche man leicht an Kaninchen beobachtet und deren wir oben erwähnten. Die Thiere drehen im Kreise herum, wie ein schulgerecht zugerittenes Pferd auf der Reitbahn, und wenn die einseitige Verletzung noch tiefer bringt oder sie weiter nach hinten gegen das verlängerte Mark trifft, so sind sie selbst unfähig, sich auf den Beinen zu erhalten, stürzen zusammen, drehen sich aber dann beständig um die Längsaxe ihres Körpers. Ein Beobachter erzählt, daß er ein solches Kaninchen in einen Korb mit Heu gesteckt habe und sehr erstaunt gewesen sei, am anderen Morgen das Thier wie eine Flasche in Heu eingewickelt in dem Korbe zu finden. Die Richtung der Drehung bei allen solchen Verletzungen geschieht fast immer von der verletzten Seite nach der gesunden hin; doch zeigte schon das oben angeführte Beispiel, daß hier mancherlei Schwankungen Statt finden. Die Ursache dieser Drehung, so wie der eigenthümlichen Richtung des Drehens, ist leicht zu finden. Die Resultate der Verwundungen, welche die vor dem verlängerten Marke liegenden Theile betreffen, sind gekreuzt, wie wir schon früher anführten; wenn eine einseitige Verwundung das Gehirn betrifft, so erfolgt die Lähmung in den Körpermuskeln der entgegengesetzten Seite. Eine rechter Seits angebrachte Wunde lähmt demnach die Muskeln der linken Seite mehr oder minder vollständig. Bei unvollständiger Lähmung dreht das Thier im Kreise, wie auf der Reitbahn; die auf der rechten Seite durch die Muskeln gegebene Impulsion ist überwiegend. Geht die Lähmung noch weiter, so fällt das Thier und jede Bewegung der Extremitäten wird, da sie nur einseitig ist, eine Drehung um die Axe bewirken. Daraus erklärt es sich

dann auch, daß diese Bewegungen nicht stetig fortdauern, sondern Unterbrechungen zeigen. Das Thier ruht oft; sobald es sich aber bewegen will, so fehlt ihm die Fähigkeit, die Bewegungen in anderer Weise zu vollführen, als in der Richtung der durch die Verletzung bedingten Zwangsbewegungen.

Von diesen auf mechanische Weise hervorgebrachten Drehbewegungen, die nach Verletzung einiger Hirnstammtheile vorkommen, sind diejenigen Bewegungen wohl zu unterscheiden, welche öfters bei Verletzung des Mittelhirnes vorkommen. Dieses steht in besonderer Beziehung zu der Funktion des Sehens. Verletzungen der Vierhügel, welche tief genug gehen, um die im Inneren derselben gelegenen grauen Kerne zu treffen, ziehen eben so gut Blindheit nach sich, als wenn der Sehnerve selbst zerstört worden wäre, nur mit dem Unterschiede, daß die Blindheit auf dem entgegengesetzten Auge auftritt; ein Umstand, der sich leicht dadurch erklärt, daß die Sehnerven unmittelbar nach dem Austritte aus dem Gehirne sich in dem sogenannten Chiasma kreuzen. Plötzliche Blindheit auf einem oder auf beiden Augen bewirkt aber bei Thieren sehr seltsame Erscheinungen. Eine Taube, der man ein Auge mit schwarzem Taffet zuklebt, dreht sich im Kreise dem gesunden Auge nach. Ein Thier, dessen Sehnerve plötzlich durchschnitten wird, dreht in gleicher Weise. Kaninchen, deren Sehnerven man beiderseits plötzlich zerstört, schießen wie Pfeile über den Operationstisch weg, in unaufhaltsamer Flucht voran, bis sie wider die Wand stoßen. Gleiche Beobachtungen hat man nach Durchschneidung der Vierhügel und der Sehhügel auf beiden Seiten gemacht. Der Schrecken, verursacht durch die plötzlich eingebrochene Nacht, in welcher sich die schon von Natur so ängstlichen Stallhasen befinden, erklärt solche plötzliche Fluchtversuche mehr als genug.

Man hatte in einigen seltenen Fällen nach mehr oder minder tiefen Wunden des kleinen Gehirns bei Kaninchen eine Neigung zum Rückwärtsgehen bemerkt, die indeß so selten ist, daß ihr Grund wohl noch in besonderen Nebenumständen gesucht werden muß, und da man zugleich diese unaufhaltsame Flucht

in gerader Linie vorwärts, welche nach Durchschneidung vorderer Hirntheile eintrat, nicht als Folge der so erzeugten Blindheit, sondern als unmittelbares Resultat der Verwundung auffaßte, so kam man auf gar seltsame Ansichten über den Einfluß dieser Theile auf die Bewegung. Nach den Einen sollte das kleine Gehirn nach vorn treiben, das Mittelhirn nach hinten. Bei Durchschneidung des einen oder anderen Theiles bekäme dann der unverletzte Theil das Uebergewicht und die Thiere bewegten sich sofort nach derjenigen Richtung, in welcher jener Theil antriebe. Andere, welchen die Tendenz zum Rückwärtsgehen nicht erwiesen schien, glaubten, das kleine Gehirn sei ein Hemmungsapparat, welcher die ungezügelte Bewegungskraft gehörig lenke und leite und nach dessen Wegnahme die gespannte Feder unaufhaltsam losschieße. Die eben angeführten Thatsachen erklären die Erscheinungen sehr ungezwungen; allein auch wenn wir sie nicht kennten, so müßten wir uns gegen eine solche Ansicht aussprechen, die nothwendig darauf zurückführt, daß man sich eine Seele vorstellen müßte, die wie ein Kutscher auf dem Bocke in dem kleinen Gehirn säße und von dort aus mit Peitsche und Zügel das Rossegespann der thierischen Maschine lenkte.

Fragen wir nun nach den genauer begründeten Thatsachen, die uns über die Gewölbtheile des menschlichen Gehirnes und die spezielleren Funktionen ihrer einzelnen Theile beim Menschen Aufschluß geben sollen, so befinden wir uns um so mehr in großer Ungewißheit, als hier nicht einmal die spärliche Quelle des Versuches fließt, sondern man einzig auf diejenigen Versuche hingewiesen ist, welche uns durch Unglücksfälle oder Krankheiten entgegengeführt werden. Aus den langen Listen von Krankheitsgeschichten und Leichenbefunden, bei denen Entartungen des Gehirnes, Zerstörungen einzelner Theile desselben nachgewiesen wurden, läßt sich auch nicht eine sichere Schlußfolgerung ziehen. Selbst in Beziehung auf die Lähmungen, welche durch Blutergießungen im Gehirn, durch die sogenannten Schlagflüsse erzeugt werden, sind wir noch gänzlich im Unklaren. Nur so viel wissen wir, daß diese Lähmungen meistens auf der entgegen-

gesetzten Seite auftraten, und daß sie jedesmal vorhanden sind, wenn der Hirnstamm von der Entartung oder dem Drucke betroffen wird. In Beziehung auf die geistigen Fähigkeiten, die dem Gehirne allein zustehen, wissen wir nichts, als was auch aus den Versuchen an Thieren hervorgeht: zunehmende Verdummung bei zunehmender Zerstörung. Die Abnahme bestimmter Fähigkeiten nach Verletzung oder Zerstörung bestimmter Hirntheile läßt sich nirgends mit Sicherheit nachweisen. Dies kann um so weniger auffallen, als die beiden Seitenhälften des Gehirnes symmetrisch gebaut sind, die Verletzungen aber fast stets nur eine Seite treffen, wo dann sicher die gleiche Funktion der anderen Hirnhälfte die Folgen der Verletzung wenigstens bedeutend schwächt und unmerklich macht.

Eine Reihe von krankhaften Erscheinungen, so wie zahlreiche Versuche erweisen einen bedeutenden Einfluß des Centralnervensystemes, und namentlich des Gehirnes, auf die Bewegungen und Empfindungen der Eingeweide, deren Thätigkeit unserem Willen entzogen ist. Die Zusammenziehungen des Magens, der Gedärme, der Ausführungsgänge der Drüsen, wie der Harnleiter und des Gallenkanales, die wurmförmigen Bewegungen der inneren Geschlechtstheile, die Schläge des Herzens können durch Reizung gewisser Hirntheile angeregt und beschleunigt werden. Die Lokalisation dieser Einflüsse und ihre Beziehung zu bestimmten Hirntheilen hat noch nicht gelingen wollen; die Gedärme ziehen sich auf Reizung fast aller Theile des Hirnstammes zusammen, und nur die Bewegungen der inneren Geschlechtstheile scheinen in bestimmter Beziehung zu dem kleinen Gehirn zu stehen. Wenn indeß auch die bestimmtere Verfolgung dieser Beziehungen der Centraltheile zu den automatischen Bewegungen noch nicht gelungen ist, so wird dadurch doch bewiesen, daß ein solcher Einfluß existirt und die Integrität der Gehirnfunktionen auch für das vegetative Leben von höchster Wichtigkeit ist. Welch ungemeine Folgen die Verlangsamung des Herzschlages, der Athembewegungen, der Darmcontraktionen auf Kreislauf, Athmung und Verdauung haben müsse, braucht hier nur angedeutet

zu werden. Nicht minder offen erscheinen zuweilen die Sensibilitätsverhältnisse zwischen den Eingeweiden und dem Centralnervensysteme ausgesprochen. Die heftigen Stirnschmerzen bei Leberleiden, die Hallucinationen und Phantasieen, welche als Folge chronischer Unterleibskrankheiten oft vorkommen und oft gänzlich das eigentliche Leiden maskiren, gehören in das Bereich solcher Erscheinungen, die aber nur noch sehr unvollständig erforscht sind.

Dreizehnter Brief.

Nervenkraft und Seelenthätigkeit.

Die eigenthümlichen Eigenschaften des Nervensystemes, über die man freilich erst nach und nach einen den Thatsachen entsprechenden Ueberblick erhielt, haben von jeher die spekulative Richtung der physiologischen Forschung in hohem Grade angeregt. Fast jede ärztliche Schule hatte auch ihre besondere Theorie über die Nerven, und je nachdem man ihnen einen größeren oder geringeren Antheil an den Krankheiten zuschrieb, wurde auch diese Theorie mit mehr oder minder lebhaften Farben ausgeschmückt. Als man die mikroskopische Struktur der Nervenröhren genauer erforscht hatte, schien die Schnelligkeit der Mittheilung innerhalb dieser mit halbfester Substanz gefüllter Röhren in schneidendem Gegensatze mit der vollständigen Ruhe und Bewegungslosigkeit des Nerveninhaltes selbst zu stehen. Viele Forscher gaben sich vergebliche Mühe, in einem erregten Nerven in einem Augenblicke, wo er Schmerz erzeugte oder eine Muskelbewegung vermittelte, Bewegungen nach der einen oder nach der anderen Richtung hin zu sehen. Selbst in dem Augenblicke, wo die Durchleitung rasch wechselnder elektrischer Schläge den Schenkel eines Frosches in Starrkrämpfen zusammenzog, selbst in diesem Augenblicke der höchsten Wirkung sah man nicht die mindeste Veränderung innerhalb der Nervenröhren. Es war augenscheinlich, daß die Mittheilung der Leitung innerhalb der Nervenröhren, die Fortpflanzung der Erregung nach einer bestimmten Richtung hin, mit einem Worte die ganze Wirkung der Nerven, von Molekularveränderungen abhängig sein mußte, welche selbst unserem mit dem

Mikroskope bewaffneten Auge eben so unzugänglich waren, wie die Schwingungen in einem Kupferdrahte, der den elektrischen Strom durch meilenweite Entfernungen leitet.

Die Untersuchungen der Neuzeit haben, indem sie einen anderen Weg der Untersuchung einschlugen, auch zu weiteren Resultaten geführt. Schon aus den vorigen Briefen ging hervor, daß wir verschiedene Mittel besitzen, einen Nerven in Erregung zu versetzen; — auf mechanische Weise, durch Stechen, Kneipen, durch chemische Mittel, wie Säuren oder Aetzlaugen, und endlich durch die Elektrizität, welche in jeder Beziehung das mächtigste Erregungsmittel ist, und selbst dann noch Wirkungen hervorbringt, wenn die übrigen Mittel gänzlich versagen. Seit der Entdeckung des Zuckens jenes Froschschenkels, dessen Nerv zufälliger Weise mit einem aus einem silbernen Löffel und einer Messerklinge zusammengesetzten elektrischen Elemente in Berührung kam, seit jener Entdeckung ist der enthäutete Froschschenkel eines der wichtigsten Instrumente geworden, ohne dessen Hülfe weder die Nervenphysik noch die Elektrizitätsphysik selbst jemals zu ihrem heutigen Standpunkte gekommen wären; denn während der elektrische Multiplicator äußerst schwache elektrische Ströme nachweisen, ihre Richtung angeben, und von in längeren Zeiten erfolgendem Wechsel die Stärke anzeigen kann, ersetzt ihn der Froschschenkel durch seine Zuckungen gerade in denjenigen Fällen, wo der Multiplicator seiner Trägheit wegen den Dienst versagt. Jede auch noch so rasche Veränderung eines Stromes, und wenn sie auch in fast unmeßbarer Zeitdauer einträte und augenblicklich vorüberginge, wird durch den Froschschenkel mit einer Zuckung beantwortet. So hat man denn in den geeigneten Fällen bald das eine künstliche, bald das andere von der Natur gebotene Instrument benutzt, um sich über die elektrischen Eigenschaften der Nerven Aufschluß zu verschaffen, und hieraus auf die Molekularveränderungen in den Nerven selbst und das in ihnen wirkende Agens zurückschließen zu können. Es würde zu weit führen, wollten wir uns weitläufiger mit diesen Untersuchungen beschäftigen, deren Verständniß nothwendig ein tieferes Eingehen

in die physikalische Lehre von der Elektrizität erfordern würde. Die Schlüsse, welche aus Reihen der delikatesten Versuche hervorgegangen sind, führen zu dem Resultate : daß jeder lebende erregbare Nerve des Körpers gewissermaßen eine geschlossene elektrische Säule darstellt, deren positiver Pol gegen die Längsaxe, der negative gegen die Queraxe gerichtet ist, und dessen elektrische Massen durch einen feuchten indifferenten Leiter, die Scheide, umschlossen sind. Das Nervenmark und besonders der Axencylinder ist also einzig die wahre Nervensubstanz, während alle übrigen Scheidengebilde nur zur Isolirung dieses Inhaltes dienende Organe sind. Im Zustande der Ruhe erzeugt demnach schon jeder Nerve einen elektrischen Strom, den ruhenden Nervenstrom, welcher bei der Erregung in wesentlicher Weise verändert wird. Schließt man nämlich durch das Stück eines Nerven die Kette einer elektrischen Säule in der Weise, daß dieser erregende Strom den Nerven in derselben Richtung durchstreicht, in welcher der ursprüngliche Nervenstrom in der weiteren Fortsetzung des Nerven läuft, so wird dieser Strom gestärkt, bei entgegengesetzter Richtung aber vermindert. Zu diesem Versuche, wie überhaupt zu jeder Fortpflanzung der Erregung und des dadurch bewirkten elektrischen Zustandes der Nerven, bedarf es aber des vollkommenen ununterbrochenen Zusammenhanges des Inhaltes der Nervenröhren. Hebt man diesen auf, selbst in einer Weise, daß die Elektrizität noch auf der Außenfläche fortgeleitet wird, so ist nichts desto weniger die Fortpflanzung im Inneren der Nervenröhre aufgehoben. Schnürt man den Nervenstamm z. B. mit einem nassen Faden zusammen, so wird hierdurch jede Fortleitung der Erregung in den Nerven aufgehoben. Ist es ein Muskelnerve, so kann man den Nerven über der Umschnürungsstelle auf jede erdenkliche Art reizen, es erfolgt keine Zuckung in den peripherischen Muskeln. Ist es ein Gefühlsnerve, so erscheint die Empfindungsleitung von den peripherischen Theilen her an dieser Stelle unterbrochen. Ganz in derselben Weise bleibt auch die Verstärkung oder Verminderung des ursprünglichen Nervenstromes in dem außerhalb des

umgeschnürten Fadens gelegenen Nervenstücke aus. Die Wirkung dieser Unterbrechung des Nervenmarkes im lebenden Körper können wir aus der Jedem bekannten Erscheinung des Einschlafens der Glieder beurtheilen, das stets nur durch Druck auf die Nervenstämme erzeugt wird. Geht dieser Druck so weit, daß der Inhalt der Nervenröhren für eine Zeit lang in seiner Continuation unterbrochen wird, so versagen die Nerven jeden Dienst. Das Glied ist völlig unempfindlich und zuweilen selbst so unbeweglich, daß bei plötzlichem Aufstehen der Mensch, dessen Beine eingeschlafen sind, hinfällt. Erst allmählich stellt sich die Leitung wieder her, die dann mit abnormen Erregungszuständen, Prickeln, Ameisenlaufen und unwillkürlichen Zuckungen verbunden ist.

Die bis jetzt angestellten Untersuchungen leiten fast nothwendig zu dem Schlusse: daß der zu jeder Zeit seines Lebens thätige Nerv Kräfte entwickelt, die in chemischen Umsetzungen des Nerveninhaltes ihren Grund zu haben scheinen, und daß diese Kräfte, die der Ernährungsprozeß in den Nerven erzeugt, wahrscheinlich elektrische sind. Alle Erscheinungen sprechen dafür, daß jede Einwirkung, welche die Zusammensetzung des Nerven beeinträchtigen kann, auch auf seine Erregung schwächend einwirkt, während wieder die Wirkungen der Nervenkräfte mit denjenigen der Elektrizität in vollkommenem Einklange stehen. Der einzige Einwurf, welchen man gegen diese Ansicht vorbringen könnte, beruht auf der Verschiedenheit der Leitungsgeschwindigkeit, die bekanntlich bei der Elektrizität 422 Millionen Meter in der Sekunde beträgt, also auf den Nerven übertragen vollkommen unmeßbar erscheint. Freilich können wir auch dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach die Leitung der Erregung innerhalb der Nerven eine unendlich schnelle nennen; genauere Untersuchungen haben indeß bewiesen, daß der Zeitunterschied, der durch die Leitung innerhalb der Nerven bedingt wird, zwar verschwindend klein, aber doch nicht unmeßbar ist. Man hat diese Geschwindigkeit direkt in der Art gemessen, daß man einen eigenthümlichen Apparat anbrachte, der unendlich kleine Zeit-

räume noch mit Sicherheit angab, und man hat auf diese Weise gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit der Fortpflanzung in den Nerven 61,5 Meter in der Sekunde beträgt. Auch auf indirektem Wege hat man solche Messungen vorgenommen, die sogar auf noch größere Geschwindigkeitswerthe führen. Hält man den Zeigefinger an ein gezahntes Rad, das sich in raschem Schwunge dreht und somit der empfindenden Hautstelle eine Reihe von einzelnen Stößen ertheilt, so empfindet man noch deutlich hundert Stöße in der Sekunde, während darüber hinaus die Empfindung in einem Gesammteindruck verschwindet. Schlägt man nun den Weg der empfindenden Primitivröhren von der Spitze des Zeigefingers bis zu ihrer Einpflanzung in das Gehirn auf einen Meter an, so würde sich daraus eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von hundert Metern in der Sekunde ergeben, vorausgesetzt, daß man die Uebertragung der Erregung auf das Bewußtsein als keiner Zeit bedürfend ansehe. Wahrscheinlich ist es aber, daß diese Uebertragung ebenfalls noch ein gewisses Zeitmoment nöthig hat, wodurch denn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit noch größer ausfallen würde. Diese bleibt aber dennoch, wie man sieht, weit hinter derjenigen der Elektrizität zurück, und es würde dies ein wesentlicher Einwurf gegen unsere Ansicht sein, wenn nicht die übrigen Untersuchungen darthäten, daß der Nerve nicht als ein einfacher leitender Körper angesehen werden kann, sondern aus einer unendlichen Menge von Molekülen besteht, deren jedes von einem elektrischen Strome umkreist ist, so daß die Leitung in der Nervenmasse nicht eine direkte, sondern eine indirekte ist.

Betrachtet man die Funktionen der Nerven im Ganzen, so geht schon aus dem anatomischen Verhalten hervor, daß in den peripherischen Nervenfasern durchaus keine prinzipielle Verschiedenheit gegeben ist, sondern die Verschiedenheit ihrer Funktion von den beiden Enden, dem peripherischen Organe einerseits und dem centralen Ende anderseits abhängt. Die Mittel, welche eine Erregung bedingen, können, wie wir gesehen haben, außerordentlich verschieden sein, die Wirkung der Erregung selbst

aber wird nur dann verschieden sein, wenn das Organ, in dem der Nerve endet, und die Stelle, von welcher er im Centralnervensysteme ausgeht, verschieden sind. Wenn wir demnach von bewegenden, empfindenden und Sinnesnerven gesprochen haben, so darf man, wie wir schon oben erwähnten, diese Ausdrücke nicht auf die Nervenröhren selbst beziehen, sondern nur auf die Endpunkte, zwischen welchen sie ausgespannt sind. Früher glaubte man allerdings, daß eine jede Nervenprimitivröhre, wie man sich ausdrückte, eine spezifische Energie besitze, d. h. nur Eindrücke von besonderer Art leite; man hat sich aber von dem Ungrunde dieser Ansicht überzeugen müssen. Der Sehnerve leitet allerdings nur Lichtempfindungen, aber dies nur deshalb, weil das Organ, in welchem er endigt : die Netzhaut des Auges, einzig zur Aufnahme des Lichtes geeignet ist. Sticht oder kratzt man die Netzhaut, wie dies zuweilen bei Operationen geschehen ist, so empfindet der Kranke keinen Schmerz, sondern nur eine Lichtempfindung. Die Netzhaut ist nicht geeignet, Schmerzenseindrücke aufzunehmen; aber auch der Stamm des Sehnerven bringt, wenn er gereizt wird, nur eine Lichtempfindung hervor. Beim Ausrotten des Augapfels sieht der Operirte in dem Momente, wo der Sehnerve durchschnitten wird, ein Feuermeer, empfindet aber keinen Schmerz. Der Hirntheil, in welchem die durch den mechanischen Eingriff erregten Sehnervenfasern enden, faßt diese Erregung eben nur als Lichtempfindung auf, mag sie eine Quelle haben, welche sie wolle. Das Gleiche findet bei Gefühls- und Muskelnerven Statt. Die Erregung pflanzt sich, wenn sie einen dieser Nerven in seinem Verlaufe trifft, nach seinen beiden Enden hin fort, wird aber nur dann von dem Bewußtsein empfunden, wenn sie zu einer empfindenden Gehirnstelle durch den Verlauf des Nerven hingeleitet wird, so wie sie umgekehrt nur dann eine periphe-rische Reaktion erzeugt, wenn die betroffene Nervenfaser in einem dazu geeigneten Organe, d. h. in einem Muskel endigt. Wenn wir deshalb von centripetaler und centrifugaler Leitung in den Nervenröhren sprechen, so bezeichnen wir damit nur

diejenige Richtung des Stromes, welche eine spezifische Wirkung hervorruft, während die andere Richtung, die effektlos bleibt, aber nicht minder vorhanden ist, außer Augen gelassen wird.

Von der Verschiedenheit der peripherischen Organe hängt sicherlich auch die Erscheinung ab, daß die Nerven qualitativ sehr verschiedene Empfindungen in ihrer Eigenthümlichkeit dem Centralorgane zuleiten. Die Empfindungen, welche unsere Hautnerven uns mittheilen, sind nicht stets dieselben und durch Abstufungen von Mehr oder Minder bedingt, sondern es finden sich darin qualitative Verschiedenheiten der mannichfachsten Art. Man fühlt nicht nur die Härte oder Gestalt der Oberfläche eines Körpers, man empfindet auch seine Temperatur und hat eine gewisse Schätzung für sein Gewicht, man sieht nicht nur Licht und Finsterniß, sondern auch Farben und deren Nüancen; man hört nicht nur den musikalischen Ton, dessen Schwingungen unser Ohr auffaßt, sondern man unterscheidet auch an dem eigenthümlichen Klange, seinem Timbre, aus welchem Instrumente der Ton hervorgeht. Legt man aber den Hautnerven in seinem Verlaufe bloß, oder schneidet man ihn durch und reizt dann das durchschnittene Ende, so wird nur Schmerz empfunden, selbst wenn die Reizung durch ein Stück Eis geschieht. Ebenso erzeugt der Sehnerve bei seiner Durchschneidung oder bei anderen Erregungszuständen nur im Allgemeinen Licht, nicht aber bestimmte Farben.

Die Erregbarkeit der Nervenmasse selbst kann zu verschiedenen Zeiten eine äußerst verschiedene sein, und hierauf beruht auch zum großen Theile die Verschiedenheit der Empfindungen namentlich in subjektiver Hinsicht. Man kann leicht durch Versuche zeigen, daß die Erregbarkeit eines Nerven sich erschöpft und nach der Erschöpfung wieder neu sich sammelt, wenn man dem Nerven Ruhe gönnt. Setzt man z. B. die Durchleitung elektrischer Schläge durch den Nervenstamm eines Froschschenkels eine gewisse Zeit hindurch fort, so entstehen endlich keine Zuckungen mehr; läßt man den Froschschenkel aber einige Zeit ruhig liegen, so antwortet er dann wieder durch Zuckungen auf wie-

derholte Schläge. Alle Reize, die auf den Nerven angebracht werden, können bei öfterer Wiederholung denselben eben so gut schwächen und erschöpfen, wie auch anderseits absolute Ruhe und Unthätigkeit dieselbe Folge haben kann. Jeder Arzt weiß aus Erfahrung, daß ein Kranker, der mit gebrochenem Beine ein oder zwei Monate lang hat ruhig liegen müssen, nach der Heilung auch das gesunde Bein nicht gehörig zu benutzen versteht, schnell ermüdet und von Neuem mit demselben gehen lernen muß. Wechselnde Zustände des Organismus überhaupt üben auf die Erregbarkeit, auf den Widerstand gegen die Erschöpfung den größten Einfluß aus, und es ist gar nicht gesagt, daß größere Erregbarkeit auch schnellere oder langsamere Erschöpfung im Gefolge habe. Beide Zustände scheinen im Gegentheile ganz unabhängig von einander zu sein und mit durchaus verschiedenen Verhältnissen in Folgebeziehung zu stehen. Die Erhaltung der Erregbarkeit in dem Nerven selbst hängt einestheils von der Erhaltung desjenigen Wärmegrades ab, in welchem sich der Nerv in dem Thiere befindet, anderentheils aber auch wesentlich von dem Zuflusse des arteriellen Blutes, das, wie es scheint, die für einen Augenblick durch die Funktionsäußerung modifizirte Zusammensetzung der Nervensubstanz augenblicklich wiederherstellt. Der Zufluß arteriellen Blutes zu dem Gehirne ist die nothwendige, unerläßliche Bedingung für die Thätigkeit dieses Organes, und eine Menge krankhafter Erscheinungen beruhen einzig und allein auf dem Mangel dieser Zufuhr. Die Betäubung, welche dem Erstickungstode vorangeht, mag derselbe nun durch Zuschnüren der Luftröhre oder durch Einathmen solcher Gasarten erzeugt werden, welche dem Blute keinen Sauerstoff zuführen, beruht immer auf demselben Grunde : daß die Verwandlung des venösen Blutes in arterielles nicht Statt findet, das Hirn demnach nur von dunklem Blute gespeist wird, welches die Erregbarkeit der Nervenmasse nicht länger erhält. Wenn der Kopf eines Enthaupteten unmittelbar nach der Trennung vom Rumpfe keine Empfindung und kein Bewußtsein mehr hat, was übrigens noch sehr die Frage ist, so liegt dieses nur

in dem plötzlichen Herausstürzen des arteriellen Blutes aus den durchschnittenen Adern und in der vollständigen Blutlosigkeit des Organes. Unterbindet man einem Thiere die Bauchschlagader, so daß kein arterielles Blut mehr in die hinteren Extremitäten einströmt, so sind diese nach wenigen Minuten vollständig in Empfindung und Bewegung gelähmt.

Die Wirkungsweise des Aethers und des Chloroforms beruht theilweise auch auf der Herabsetzung der Zufuhr arteriellen Blutes, obgleich diese nicht den einzigen Grund derselben einschließt. Man hat beide Substanzen in der neueren Zeit nur allzuhäufig bei schmerzhaften Operationen angewendet, um eben den Schmerz gänzlich aufzuheben, und man hat dabei viel zu sehr außer Acht gelassen, daß man dem Individuum den Schmerz nur dadurch ersparen konnte, daß man es einer dringenden Lebensgefahr aussetzte. Früher war diese Gefahr geringer, wo man noch Einathmung von Aether anwandte, dessen Dämpfe weit weniger tief eingreifen, als diejenigen des Chloroform, dem man in der neuesten Zeit wegen der Leichtigkeit der Anwendung den Vorzug gegeben hat. Während man zum Einathmen des Aethers complizirte Apparate und eine länger fortgesetzte Einathmung bedarf und zuweilen nur unvollständige Wirkungen hervorbringt, ist man zwar bei dem Chloroform sicher, mittelst einiger auf ein Taschentuch gegossener Tropfen die Wirkung zu erzielen, kann aber auch weit weniger den Grad des Erfolges ermessen. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln häufen sich die Todesfälle in bedeutendem Maße, und es heißt wirklich mit dem Leben auf die leichtsinnigste Weise spielen, wenn man wegen eines vorübergehenden Schmerzes, wie z. B. beim Zahnausreißen, das Chloroform anwendet. Die Erscheinungen sind bei beiden Mitteln etwa dieselben. Zuweilen geht eine kurze Aufregung vorher, während welcher die Respirationsbewegungen heftiger sind und auf den Puls, die Stärke und Höhe der Pulswellen einen bedeutenden Einfluß üben. Dann aber folgt eine längere Zeit, während welcher die Sinneseindrücke nicht mehr empfunden, die Schmerzen nicht mehr gefühlt werden, und das

Gehirn in dem Zustande eines tiefen Traumes sich befindet. In dieser Periode sinkt der mittlere Blutdruck oft bis auf die Hälfte seiner normalen Höhe, und der Einfluß der Athmung, die zugleich seltener wird, auf die Höhe der Pulswelle tritt stets weniger deutlich hervor. Schreitet die Wirkung fort, so tritt vollständige Bewußtlosigkeit, Röcheln, endlich Stillstand des Athmens und zuletzt sogar völliger Stillstand des Herzens und damit nach einiger Zeit der Tod ein. Die Lähmung schreitet von dem Gehirne nach dem Rückenmarke fort; man kann nachweisen, wie allmählich die Reflexbewegungen schwinden und die Empfänglichkeit der Nerven aufhört. Auch bei lokaler Applikation und ohne Vermittelung des Centralnervensystemes üben Aether und Chloroform diese zerstörende Wirkung auf die Nervenerregbarkeit aus, und bei allen Erscheinungen, wie namentlich auch beim Einflusse des Athmens auf die Cirkulation, gewahrt man stets, daß das Chloroform das tiefer eingreifende, rascher wirkende und weitaus gefährlichere Mittel ist.

Einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die Stimmung des Nervensystemes im Allgemeinen, seine Empfänglichkeit und Erregbarkeit, haben andere Mittel, unter welchen die Brechnuß und das in ihr befindliche wirksame Prinzip, das Strychnin, weit voransteht. Hat man einen Frosch mit Strychninlösung vergiftet, so treten bald entsetzliche Krämpfe in allen Muskeln ein. Bei der leisesten Erschütterung, bei der geringsten Berührung gerathen alle Muskeln in die heftigsten Zuckungen, die zuletzt in einen allgemeinen Starrkrampf übergehen. Die Strychninlösung wirkt eben so gut von dem Blute aus, bei direkter oder indirekter Aufnahme in die Cirkulation, wie bei unmittelbarer Applikation auf die centralen Nervenorgane, und die Menge von Strychnin, welche hinreicht, diesen Zustand allgemeiner Erregung und übermäßiger Krampfzuckungen zu erzeugen, ist fast verschwindend klein. Ist die Dosis des Giftes nur sehr gering gewesen, so kann sich das Thier wieder erholen, behält aber noch lange Zeit eine übermäßige Empfindlichkeit bei. Ganz ähnliche Einflüsse, wie die erwähnten, können indeß auch durch

besondere Zustände des Organismus geübt werden. Die Empfänglichkeit der Nerven kann in solcher Weise gesteigert sein, daß die geringste Erregung die heftigste Reaktion in dem ganzen Muskelsystem, die bedeutendsten Schmerzen, die lebhaftesten Krämpfe und ähnliche Wirkungen hervorruft. Viele Erscheinungen des sogenannten thierischen Magnetismus, sowie die ganze Reihe von Unsinn, den man unter dem Titel der odischen Erscheinungen in die Welt hinein gequalmt hat, beruhen lediglich auf einer gesteigerten Nervenerregbarkeit, durch welche Empfindungen und Eindrücke, die in dem gewöhnlichen Leben spurlos vorübergehen, dem Bewußtsein mitgetheilt werden. Ich habe eine Frau beobachtet, die durch Tage langes heftiges Erbrechen an den Rand des Grabes gebracht worden war und wo man eine Magenkrankheit vermuthete, während nur beginnende Schwangerschaft die Ursache der abnormen Magenreizbarkeit war. Bei gänzlicher Erschöpfung des Körpers war das Nervensystem in einem solchen Zustande gesteigerter Erregbarkeit, daß die Kranke nicht nur die Tritte der Dorfbewohner hörte, wenn ich sie kaum sehen konnte, sondern auch die einzelnen Personen, welche über die Straße gingen, ihren Tritten nach unterschied. Wie man sieht, brauchte diese Empfänglichkeit nur noch um ein Geringes sich zu steigern, um Erscheinungen herbeizuführen, die man, besonders wenn man mit betrügerischen Personen zu thun gehabt hätte, als magnetisches Hellsehen würde bezeichnet haben.

Wir sind so derjenigen Sphäre näher getreten, in welcher das letzte Räthsel der Nervenwirkungen überhaupt liegt, und wir dürfen uns fragen: in welchem Verhältnisse die Funktionen der peripherischen Körpernerven überhaupt zu derjenigen Funktion der Centraltheile stehen, die man mit dem Namen der Seelenthätigkeit zu bezeichnen gewohnt ist.

Es kann nicht geläugnet werden, daß der Sitz des Bewußtseins, des Willens, des Denkens endlich einzig und allein in dem Gehirne gesucht werden muß; allein in welcher Weise nun dort die Räder der Maschine in einander greifen, dies zu bestimmen ist uns vor der Hand unmöglich gewesen. Wodurch

es geschehen kann, daß ich meinen Willen gerade auf die Vollziehung dieser oder jener Bewegung lenke; ob dies Folge einer besonderen Lokalisation des Willens, ob nur das Resultat einer bestimmten, der bewegenden Thätigkeit zu verleihenden Richtung ist, dies zu entscheiden liegt außer dem Bereiche unserer heutigen Kenntnisse. Was man deshalb auch von den Beziehungen der Gehirnsubstanzen zu den Nervenverrichtungen sagen möge, es ist besser, hier unsere Unwissenheit zu gestehen und nicht weiter zu gehen, als die Erfahrung und der Versuch uns geführt haben.

Noch viel weniger können wir von der Beziehung der Geistesthätigkeiten zu dem Gehirne sagen, wenn auch Gall'sche Phrenologie und Carus'sche Cranioskopie die Räthsel gelöst zu haben sich brüsten. Ein jeder Naturforscher wird wohl, denke ich, bei einigermaßen folgerechtem Denken auf die Ansicht kommen: daß alle jene Fähigkeiten, die wir unter dem Namen der Seelenthätigkeiten begreifen, nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind; oder, um mich einigermaßen grob hier auszudrücken: daß die Gedanken in demselben Verhältniß etwa zu dem Gehirne stehen, wie die Galle zu der Leber oder der Urin zu den Nieren. Eine Seele anzunehmen, die sich des Gehirnes wie eines Instrumentes bedient, mit dem sie arbeiten kann, wie es ihr gefällt, ist ein reiner Unsinn *); man müßte dann gezwungen sein,

*) Mit Absicht habe ich diese Stelle durchaus in ihrer ursprünglichen Gestalt gelassen, weil sie nicht bei ihrem Erscheinen, nicht während einiger Jahre, innerhalb welcher das Buch, ich kann wohl sagen, allgemeine Verbreitung und Anerkennung gefunden hatte, sondern erst lange nachher, als man glaubte einer Waffe zu bedürfen, zum Gegenstande der heftigsten Angriffe geworden ist. Die Rechtfertigung der ganzen Ansicht, auf welcher jeder Fortschritt heutigen Tages beruht, liegt freilich in ihr selbst. Da man aber behauptet hat, sie sei verabscheut, verlassen, von jedem ächten Naturforscher bei Seite gelegt, so erlaube ich mir hier, einige Stellen anzuführen, die mit jener Behauptung wohl nicht im Einklang stehen dürften.

Moleschott, nachdem er den obigen Satz angeführt, fährt fort: „Der Vergleich ist unangreifbar, wenn man versteht, wohin Vogt den

auch eine besondere Seele für eine jede Funktion des Körpers anzunehmen, und käme so vor lauter körperlosen Seelen, die über die einzelnen Theile regierten, zu keiner Anschauung des

---

Vergleichungspunkt verlegt. Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken eben so unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine eben so nothwendige, eben so unzertrennliche Eigenschaft des Gehirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem anderen Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre." (Moleschott, der Kreislauf des Lebens, Mainz 1852, Seite 402.) — Ein anderer Physiologe drückt sich folgendermaßen aus : „Sitz der Seele. Die Apparate, welche die Bedingungen der seelischen Leistungen enthalten sollen, werden verschieden gedeutet. Nach der einen Gruppe der Hypothesen liegt den geistigen Funktionen eine besondere Substanz, die Seele, zu Grunde, welche, dem Lichtäther ähnlich, zwischen den wägbaren Massen der Hirnsubstanz schwebt, und mit dieser so verkettet ist, daß ihre Veränderungen mit denjenigen der Hirnsubstanz Hand in Hand gehen, wie das auch der Physiker vom Lichtäther und den ihn umgebenden Stoffen annehmen muß. Damit aber diese Hypothese alle Erscheinungen erläutere, verlangt sie den nicht mehr naturwissenschaftlich zu rechtfertigenden Zusatz, daß der Seelenäther aus inneren Gründen (willkürlich) veränderlich sei. — Die Anhänger der zahllosen Abstufungen realistischer Weltanschauung haben sich, insofern sie sich überhaupt zur Bildung einer Vorstellung entschließen konnten, darüber geeinigt, daß die Seelenerscheinungen resultiren aus einer gewissen Summe im Hirn und Blut enthaltener Bedingungen, weil mit dem Entstehen, der Entwickelung und dem Vergehen des Hirns und mit dem Wechsel in der Blutzusammensetzung Verstand, Empfindung und Wille kommen, schwinden oder sich ändern. Wer den Schluß aus Analogieen gelten läßt und durch seine Kenntnisse befähigt ist zu gründlichen Vergleichungen der Seelenerscheinungen mit den übrigen Naturereignissen, wird, wenn er wählen müßte, nicht zweifelhaft sein, welcher von beiden Meinungen er beistimmen soll; — wer aber einen unumstößlichen Beweis für eine der beiden Anschauungen verlangt, wird eingestehen, daß er noch nicht geliefert sei." (Ludwig, Professor in Zürich: Physiologie des Menschen, Seite 452, Heidelberg 1853.) — Ein Dritter läßt sich also vernehmen : „Die Existenz des Nervenstroms tritt nur in zwei verschiedenen Weisen im Naturprozeß auf, indem entweder der Ner-

Gesammtlebens. Gestalt und Stoff bedingen im Körper überall die Funktion, und jeder Theil, der eine eigenthümliche Zusammensetzung hat, muß auch nothwendig eine eigenthümliche Funktion haben.

Der Satz, daß die sogenannten Seelenthätigkeiten nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind, bildet die natürliche Basis der Phrenologie, welche außerdem auch die einzelnen Seelenthätigkeiten auf bestimmte Hirntheile zu lokalisiren und von der Entwickelung dieser Hirntheile auch diejenige der Seelenthätig-

venstrom in für ihn nicht leitungsfähige Elementarbewegungen einströmt, hier mechanische Kräfte auslöst und dadurch palpable Effekte hervorbringt; oder zweitens, indem er aus der ihn leitenden Neurinesubstanz nicht heraustretend, vielmehr in besonderen Nerven-Apparaten, welche wir Gehirn nennen, sich sammelt, und denjenigen Zustand bildet, den wir alle als Bewußtsein kennen. ——— Das Haupthinderniß, welches aber der unbefangenen und natürlichen Erklärung der Innervationsphänomene des Organismus im Wege steht, ist dies, daß wir gewisse falsche Begriffe über die sogenannten Seelenthätigkeiten mit der Muttermilch aufgesogen haben, welche falsche Begriffe uns die Seelenthätigkeit als etwas mit dem natürlichen Prozeß der Welt überall nicht Zusammenhängendes, sondern als ein Ding sui generis, als etwas spezifisch von der übrigen sogenannten materiellen Natur Verschiedenes darzustellen suchen. So kommt es, daß selbst ausgezeichnete Physiologen, sobald ihnen die Naturwissenschaft zeigt, daß das Gehirn das Organ der Seele eben so unabweislich ist, wie die Leber das Organ der Gallenbildung, sobald sie also bei dem Widerspruch angekommen sind, in welchem sich ihre Wissenschaft und ihre anerzogenen dogmatischen Vorstellungen befinden, nicht auf dem Wege der Wissenschaft fortschreiten, vielmehr stehen bleiben und diesen Widerspruch ein den jetzigen Hülfsmitteln der Wissenschaft noch unlösliches Problem nennen." — Dies letztere steht aber zu lesen in einem Aufsatze: Ueber die Hirnfunktion von Dr. L. Fick, P. P. O. in Marburg und ist gedruckt in dem Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin, 1851, Seite 414, herausgegeben von Joh. Müller, k. preuß. geh. Rathe und Professor in Berlin. Was mich selbst betrifft, so kann ich nur einfach hinzufügen, daß ich zwar die Behauptung aufgestellt habe, es müsse jeder Naturforscher bei folgerichtigem Denken zu solchen Schlüssen kommen; — daß ich aber niemals behauptet habe, daß es keine Naturforscher ohne folgerichtiges Denken, keine blödsinnige oder vernagelte Menschen unter den Naturforschern gebe.

keiten selbst abhängig zu machen sucht. Merkwürdig erscheint es allerdings, daß gerade diejenigen Völker, welche dem Dogma, wenn auch in individueller Weise ausgebildet, die größte Anhänglichkeit zeigen, wie die Engländer und Amerikaner, sich mit Vorliebe dieser rein materialistischen Grundlage der Psychologie zugewendet haben, während in Deutschland die ursprünglich deutsche Lehre nach und nach allen Boden verloren hat. Wenn man aber auch die Ergebnisse, welche diese sogenannte Wissenschaft bis jetzt geliefert haben soll, als durchaus unbewiesen bei Seite setzen muß, so kann man doch nicht umhin, anzuerkennen, daß die Phrenologie insofern eine feste Grundlage hat, als sie von dem Satze ausgeht: daß die Qualität und Quantität der Hirntheile auch die Art und Weise unseres Denkens bestimmen müsse, daß von dieser oder jener Bildung auch diese oder jene geistigen Fähigkeiten, Triebe und Leidenschaften nothwendig abhängen müssen; daß die Handlungen der Menschen nichts Anderes sind, als Resultanden, hervorgegangen aus der physischen Grundlage und aus der jeweiligen Ernährung und Umsetzung der Hirnsubstanz. In diesen Prinzipien liegt das Wahre der Phrenologie; das Falsche, Unerwiesene, auf unwissenschaftlichem Boden Aufgeführte liegt in der Anwendung dieser Prinzipien im praktischen Felde.

Die Gall'sche, von vielen Anderen später theils modificirte, theils erweiterte Phrenologie bezeichnete willkürlich Regionen am Kopfe, welche die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten im Gehirne anzeigen sollten. Ein solcher Kopf, auf dem in niedlichen Feldern Muth, Diebssinn, Ortssinn und noch etwa fünfzig andere Sinne verzeichnet sind, nimmt sich gar nett und anschaulich aus. Stand eine bezeichnete Region auf irgend einem Schädel als Hügel oder Vorsprung vor, so hatte der Mensch die dort logirte Fähigkeit in hohem Grade entwickelt besessen, war die Gegend abgeflacht oder vertieft, so war besagte Fähigkeit entweder gar nicht oder nur schwach entwickelt. Schon diese Ansicht, daß der Schädel in seinen äußeren Umrissen genau die inneren Verhältnisse nachahme und somit die Conformation des Schädels auch diejenige des Gehirnes zeige; schon diese Ansicht

ist durchaus unhaltbar. Der Schädel ist keine Schachtel, die in allen ihren Theilen gleichförmig dick ist; er hat bestimmte Stellen, wo er dünner, andere, wo er dicker ist, und die Verhältnisse seiner Dicke an verschiedenen Stellen schwanken in ziemlich weiten Gränzen. Bei dem Einen ist die Stirn dicker als das Hinterhaupt bei dem Anderen findet das Umgekehrte Statt, und man braucht nur den ersten besten in verschiedenen Richtungen zersägten Schädel zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß die äußeren Umrisse durchaus noch nicht diejenigen der inneren Höhlung wiederholen, sondern daß nur im Großen Aehnlichkeit Statt findet.

Wäre demnach auch die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten in den verschiedenen Gehirnstellen so, wie die Phrenologie sie annimmt, so würde es dennoch unmöglich sein, dieselben an dem äußeren Schädel auszutasten, eben weil dieser kein Abklatsch der Gehirnoberfläche ist. Leider aber ist diese Lokalisation nur eine Reihe von Glaubensartikeln, die, wie jeder Glaube, auf keinem faktischen Beweise beruhen. Der musikalische Sinn wurde an diese oder jene Stelle gesetzt, weil es zur Zeit Gall's zufällig einen mit ihm befreundeten Musiker gab, dessen Schädel an der ausersehenen Stelle einen Höcker hatte; der Zerstörungstrieb wurde einem berühmten Mörder abgetastet, und was all' der sogenannten Erfahrungen mehr sind. Die oberflächlichen Gehirnwunden, wobei oft bedeutende Mengen von Gehirnsubstanz verloren wurden, ohne sichtlichen Erfolg auf die Geistesfähigkeiten, beweisen im Gegentheil, daß eine solche ängstliche Lokalisation der Geistesfähigkeiten in den Gewölbtheilen des Gehirnes durchaus nicht vorhanden ist, sondern daß hier allgemeinere Bedingungen vorwalten, deren Verhältnisse wir noch nicht zu bestimmen im Stande sind.

Die Funktionen der Centraltheile des Nervensystemes sind überall in der ganzen Thierreihe an eine gewisse Periodicität gebunden, deren abwechselnde Zustände man mit dem Ausdrucke Schlafen und Wachen bezeichnet. Ich habe nie einsehen können, warum man nur dem Menschen, den Säugethieren und den

Vögeln den wahren Schlaf will zukommen lassen und die übrigen Thiere schlaflos umherjagt. Die meisten Reptilien ruhen eine große Zeit des Tages über; daß die Eidechsen, die Krokodile in der Sonne schlafen, weiß Jeder, der solche Thiere beobachtet hat; Fische fängt man im Schlafe mit den Händen; Mollusken, Krebse und andere Gliederthiere gehen meist nur des Nachts auf Nahrung aus und schlafen bei Tage. Die Zeit thut hier nichts zur Sache — ist die Eule etwa schlaflos, weil sie bei Nacht fliegt? Wenn diejenigen Thiere, welche den Meeresstrand bewohnen, beim Ablauf der Ebbe ihre Gehäuse schließen, sich einrollen und tief zurückziehen, um unbeweglich die Rückkehr der Fluth zu erwarten, glaubt man, daß sie dann wachen und philosophische Betrachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Bewegung des Wassers anstellen? Ich weiß nicht, wie man diese und viele andere Erscheinungen bisher aufgefaßt hat; aber so viel weiß ich, daß mir noch kein Thier vorgekommen ist, bei welchem man nicht abwechselnde Zustände hätte beobachten können, die mit Wachen und Schlafen übereinkommen.

Die Erscheinungen des Schlafes sind einem Jeden bekannt; das Sandmännchen in den Augen, das Gähnen, das Suchen nach Ruhe und bequemer Lage, die allmähliche Abschließung gegen die äußeren Eindrücke sind zu oft von uns allen erfahren worden, als daß man daran zu erinnern brauchte. Ein Jeder weiß auch, daß lebhafte Sinnenreize länger wach erhalten, daß öfteres Bespritzen mit kaltem Wasser, grelles Licht, rauschende Musik am Einschlafen hindern, während ruhige Weisen, gleichförmiges Rauschen eines Wasserfalles, Murmeln eines Baches, vor allem aber langweilige monotone Unterhaltungen unwiderstehlich einschläfern. Indeß giebt es auch Erscheinungen, die meist dem Schlafe vorangehen, und welche von den meisten Menschen unbeachtet gelassen werden, da sie weniger in die äußere Beachtung treten. Man sieht unbestimmte verwachsene Punkte vor den geschlossenen Augen, Nebel, leuchtende Punkte, hellere Massen, die vor dem Gesichtskreise umhergaukeln, deren Spiel den Schlaf

immer mehr herbeiführt und deren Beachtung viel Selbstüberwindung und Reflexion kostet.

Im Schlafe selbst gehen alle Funktionen des vegetativen Lebens ungestört vor sich; nur tritt offenbar eine gewisse Abspannung und daherige größere Langsamkeit der Bewegungen ein. Das Herz schlägt ruhiger; die Athemzüge werden langsamer und tiefer; die Bewegungen des Darmes ohne Zweifel langsamer und die Verdauung dadurch anhaltender; — „wer schläft, der ißt,“ sagt ein altes Sprüchwort. Auffallender sind die Erscheinungen im animalen Leben. Das Bewußtsein ist verringert, wenn auch nicht durchaus geschwunden, und gerade durch diese Stumpfheit des Bewußtseins und den mangelnden Zusammenhang desselben mit den übrigen Thätigkeiten wird der Schlaf bedingt. Ein Schlafender hört, fühlt und sieht in materieller Hinsicht eben so gut, als ein Wachender; sein Hörnerve nimmt die Schallwellen, sein Gefühlsnerve die Schmerzensempfindung durchaus eben so auf, wie wenn vollkommenes Wachen vorhanden wäre; aber die Vermittelung der Empfindung fehlt, und wenn sie geschieht, so erfolgt sie falsch, unrichtig, verwirrt. Ein Gleiches findet Statt mit den Bewegungen. Wir ändern sehr gut im Schlafe eine unbequeme Lage; schlagen im Traume um uns; der träumende Jagdhund bewegt die Füße zum Laufen; aber die Bewegungen sind unkräftig, unbestimmt, eben so unsicher und ungeregelt, wie die Empfindungen.

Daß die Empfindungen im Schlafe durchaus in ihrer ganzen Intensität von den Nerven empfangen, nicht aber von dem Bewußtsein eben so aufgefaßt werden, geht aus den vielfachsten Erscheinungen hervor. Das leiseste ungewohnte Geräusch kann erwecken, während starke Töne, an welche man gewohnt ist, den Schlaf ungestört lassen. Jeder Lärmen, der anfangs wach erhielt und den Schlummer störte, wird endlich durch die Gewohnheit unschädlich. Die Empfindungen werden aber durch das phantastische Spiel der Seele, das wir als Traum bezeichnen, nicht in ihrer Realität, sondern in Verbindung mit Vorstellungen aufgefaßt, welche unser Gehirn daran knüpft. Auf diese Weise

werden äußere wie innere Empfindungen vertauscht, in seltsame Geschichte und Romane verwoben, welche sich meist auf bestimmte Erlebnisse beziehen oder auf Vorstellungen, mit welchen man sich vor längerer oder kürzerer Zeit beschäftigt hat. Jeder weiß wohl aus seiner eigenen Erfahrung, wie folgerecht oft der Traum einzelne Theile seines Gespinnstes abwickelt, um endlich zu der Conception der Empfindung selbst zu gelangen; wie er diese gleichsam einleitet, erklärt, begreiflich macht und ihr später eine Nachrede hält. Ich weiß aus eigener Erfahrung, daß ich viel träumte, als ich noch ein böser Junge war und mehr Ritterromane las und Bier trank, als meiner Phantasie und meinem Körper zusagte. Ich träumte viel von Schlachten und Kämpfen, kühnen Angriffen und klugen Rückzügen, und meist endete der Traum dahin, daß ich allein noch übrig blieb, mich in ein einsamstehendes Haus rettete und dort in ein Bette kroch, in dem ich still und regungslos liegen blieb. Oft entschlüpfte ich so; zuweilen aber entdeckte der Feind mich und ich wurde ermordet. Ich fühlte den Dolch in der Wunde, fühlte, wie mein warmes Herzblut über mich hinabrieselte — beim Erwachen fand ich das Bette durchnäßt. Kein Zweifel, daß das ungewohnte Getränk den Blasenhals reizte und das träumende Gehirn das Bedürfniß zum Uriniren in einen Roman verwob, dessen Ausgang manchmal meine Backe zahlen mußte.

Wenn indeß die meisten Träume sich in dieser Art an innere oder äußere Empfindungen knüpfen mögen, so ist doch nicht zu läugnen, daß es Traumvorstellungen giebt, die unabhängig hiervon, vielleicht von besonderen Verhältnissen des Gehirnbaues abhängen, und die immer wiederkehren, welches auch der Gegenstand sei, mit dem man sich geistig oder körperlich beschäftigt hat. Solche in unbestimmten Zeiträumen immer wiederkehrenden Traumvorstellungen werden öfter lästig, schon ihrer steten Gleichheit wegen, und sie haben das Eigenthümliche, daß man sich ihrer erinnert, wenn man auch die Erinnerung an alle andere Träume verloren hat. Ich bin bei mir selbst auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden, und habe bis jetzt vielleicht nur ein Paar

meiner Bekannten getroffen, welche nicht ähnliche, gleichsam fixe Traumvorstellungen haben, von denen sie von Zeit zu Zeit heimgesucht werden. Bei keinem sind es dieselben, wie bei einem Anderen; bei mir selbst reduciren sie sich auf zwei besondere Vorstellungsreihen. Den Grund der einen derselben habe ich finden können; er beruht in Kopfcongestionen. Bei heftigeren Anfällen von solchem Blutandrang nach dem Kopfe tritt selbst der Traum im vollkommenen Wachen ein. Es scheint mir, als würde mein Kopf zu eng; es klappt oben auf wie eine Fallthüre und das Innere wulstet sich hervor, quillt nach allen Seiten über, bläht sich auf und verliert sich in nebelgrauer Ferne. Die andere fixe Vorstellung auf einen körperlichen Zustand zurückzuführen, ist mir bis jetzt unmöglich gewesen; sie besteht, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer Anschauung der Unendlichkeit. Eine Bahn, einer Kegelbahn ähnlich, streckt sich vor meinen Augen aus; eine Kugel wird darauf hingeschoben, von Gestalten, deren Umrisse ich bei größter Anstrengung nie fixiren kann. Im Rollen vergrößert sich die Kugel, wächst und dehnt sich ins Unendliche, und wenn ich schon lange sie nicht mehr als Kugel sehe, so habe ich noch immer das Gefühl des Rollens und Wachsens.

Aus der Analyse solcher Vorstellungen, die bei Gesunden nur im Traume auftreten, wird es klar, wie gewisse Organisationsfehler, in deren Gefolge diese Vorstellungen auftreten, als fixe Ideen, als Narrheit und Tollheit im kranken Zustande sich gestalten können. Es zeigen aber auch diese Beispiele, wie sehr leicht materiell krankhafte Verhältnisse unseres Körpers auf den Seelenzustand einen wesentlichen Einfluß ausüben müssen, und wie dieser am Ende nur der Reflex dieser materiellen Veränderungen ist. Die falsche Vorstellung, welche der Traum im Schlafe vorführt, tritt in das Wachen über, sobald die abnorme Thätigkeit des Gehirnes überwiegt, und so wie der Amputirte auch bei der besten Ueberzeugung vom Verluste seines Fußes dennoch das Gefühl der Existenz desselben hat und im Anfange nach der Operation denselben beständig fühlt, so kann der Wahnsinnige die vollständigste Ueberzeugung von der Unrichtigkeit seiner

Vorstellung haben und dennoch von derselben nicht lassen, so lange der materielle Grund dieser Vorstellung obwaltet. Es wird aber unter solchen Umständen auch klar, wie der materielle Grund zum Wahnsinn nicht nur im Gehirne, sondern auch in anderen Körpertheilen liegen kann. Eine Empfindung, die wie alle von den Eingeweiden ausgehenden Empfindungen nur unklar aufgefaßt wird von dem Bewußtsein, kann allmählich überwiegend einwirken, und so Vorstellungen erzeugen, die mit dem richtigen Gedankengange unvereinbar sind. Ich kenne einen berühmten Naturforscher, der an Magenkrämpfen leidet, die offenbar der Reflex einer organischen Destruktion sind. Er wird von Träumen, ja sogar im Wachen von unklaren Vorstellungen heimgesucht, die sich auf dies Leiden beziehen und denen er nur durch festen Willen entgegen arbeiten kann. Ein Schritt weiter und die auf solche Weise erzeugten Vorstellungen gewinnen die Oberhand.

Bei allen diesen Erscheinungen dürfen wir niemals vergessen, daß wir, trotz aller Erkenntniß der materiellen Grundlage sämmtlicher Gehirnfunktionen, dennoch stets auf ein dunkles Gebiet eintreten, sobald wir die einzelnen Erscheinungen näher analysiren wollen. Wie schon oben bemerkt, liegt der Grund der mangelnden Analyse in der unvollständigen Kenntniß des feineren anatomischen Baues der Centralorgane. Der Schlaf zeigt uns, daß die verschiedenen Brücken, welche von den peripherischen Nerven bis zu dem Bewußtsein hinleiten, selbst bei geregelter Fortdauer der vegetativen Lebenserscheinungen auf kürzere oder längere Zeit bei normalen Gesundheitszuständen abgebrochen werden können; — die abnormen Stimmungs- und Erregungszustände des centralen Nervensystemes führen noch zu ferneren Schlüssen, wonach die verschiedenen Apparate bald für sich vereinzelt, bald in abnormer Verbindung in Funktion treten können. Die Empirie geht unter solchen Umständen meist der Wissenschaft voraus, indem sie Thatsachen zeigt, deren Gründe vor der Hand, bei mangelhafter Kenntniß, noch nicht darlegbar sind

und deren Erklärung meist sich von selbst ergiebt, sobald die Grundlagen der Erkenntniß hergestellt sind.

Ich will hier auf den sogenannten thierischen Magnetismus hindeuten. Die Erklärungen, welche man von dieser „Nachtseite der Natur“ zu geben versucht hat, die Beziehnngen, welche man in den beobachteten Erscheinungen zu Elektricität und Magnetismus zu finden geglaubt hat, können nicht vor dem Richterstuhle der einfachsten physikalischen Kritik bestehen; die Abgeschmacktheiten, Lügen und Thorheiten, womit man diese Dinge verbrämt hat, erklären hinlänglich den Widerwillen solcher Beobachter, welche vor jedem Beginne einer Untersuchung einen festen Boden verlangen, von dem aus sie zu Resultaten gelangen können. Dazu kommt die Abneigung, sich mit abgefeimten, verschmitzten Betrügern und Betrügerinnen abzugeben. Alles dies hindert aber nicht, anzuerkennen, daß Thatsachen vorliegen, welche nachweisen : daß eigenthümliche Zustände im centralen Nervensystem theils durch den eigenen Willen, theils durch besondere Manipulationen Anderer, theils endlich durch krankhafte Ursachen erzeugt werden können, in welchen in einzelnen Sphären der Nervenfunktionen wie im gesammten Kreise derselben Effekte eintreten, ähnlich denen, welche durch Schlaf, Chloroform, Strychnin erzeugt werden. Oben wiesen wir darauf hin, wie erhöhte Nervenreizbarkeit Sinnesempfindungen wahrnehmen lassen kann, die bei gewöhnlicher Stimmung nicht wahrnehmbar sind. Eine große Menge der sogenannten magnetischen Erscheinungen beruht auf dieser erhöhten Reizbarkeit. Anderseits können Erscheinungen hervorgerufen werden, wie die Catalepsie, die Lähmung einzelner Körpertheile, die Empfindungslosigkeit, welche beweisen, daß gewisse Hirntheile außer Stande sind, ihre normale Funktion zu verrichten. Der Stoicismus eines Mädchens, welches von sich sprechen machen will, kann freilich weit gehen — die Geschichte der Medizin hat Beispiele genug der scheußlichsten Selbstqualen, welche solche Geschöpfe sich anthaten, um einen Leichtgläubigen förmlich zum Narren zu haben —; aber diese Herrschaft des Willens über den Schmerz kann nicht so weit gehen, reflektorische,

dem Willen nicht unterworfene Bewegungen einzuhalten. Und doch kann man bei Magnetisirten beobachten, daß das weit geöffnete Auge unempfindlich gegen das Licht ist und die Pupille selbst beim plötzlichen Annähern einer Kerze unbewegt stehen bleibt. Hier müssen diejenigen Hirntheile, welche die Ueberleitung der Lichtempfindung zu den bewegenden Fasern der Regenbogenhaut vermitteln, temporär gelähmt sein — außer Stande, ihre Funktion zu üben. Wie dieser Effekt und so mancher andere zu Stande kommt, ist uns freilich noch ein Räthsel.

Vierzehnter Brief.

Das Auge.

Das zusammengesetzteste Instrument des Körpers ohne Zwei- t das Auge, durch dessen Thätigkeit das Sehen vermittelt Ehe wir auf die Gesetze, welche in diesem merkwürdigen rate ihre Anwendung finden, näher eingehen, wird es ; sein, die anatomische Struktur desselben übersichtlich zu hten (siehe Fig. 21, S. 336).

Der Augapfel an sich ist eine hohle, kugelförmige Blase, nehreren, zwiebelförmig über einander gelagerten Schichten Häuten bestehend, in deren Innerem bestimmte, mehr oder r flüssige durchsichtige Materien abgelagert sind. Abgesehen en Schutz- und den Bewegungsapparaten, welche an dieser angebracht sind, zeigen sich daran folgende, besonders ge Theile. Zuerst eine äußere, schalenartige Hülle, deren er Theil weiß, fest und undurchsichtig ist, während ein res, kleineres Segment eine pralle, wasserklare, durchaus ichtige Haut darstellt, die man mit dem Namen der Horn- belegt, und deren innere Fläche mit einer zarten, glasartig urlosen Haut, der Wrisberg'schen, Descemet'schen oder ours'schen Haut ausgekleidet ist, während ihre vordere e von der durchsichtigen Fortsetzung der Bindehaut des s überzogen wird. Die hintere weiße Haut, deren re Partie das Weiße des Auges bildet, zeigt die Form stark gekrümmten Bechers mit enger Oeffnung, etwa wie

ein Römerglas, auf welchem dann die durchsichtige Hornhaut aufgesetzt ist, welche eine weit stärkere Wölbung hat und demnach einem kleineren Krümmungsradius angehört, als die weiße Haut.

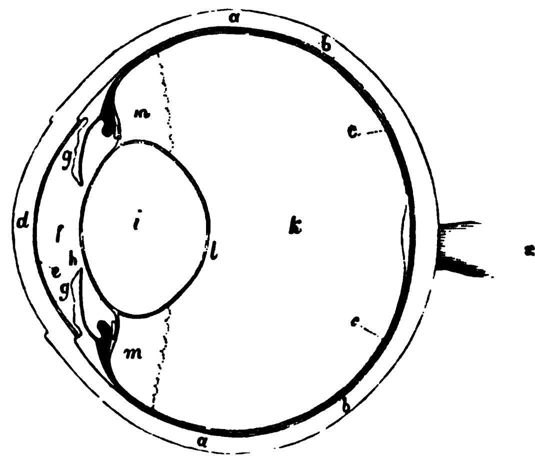


Fig. 21. Durchschnitt des Auges in vergrößertem Maßstabe. a. Die weiße Haut, Sclerotica. b. Die Aderhaut, Choroidea, nach vorn in die schwarzen, kolbigen Ciliarfortsätze übergehend. c. Netzhaut, Retina. d. Hornhaut, Cornea. e. Innere Auskleidung der Hornhaut, Wrisberg'sche Haut. f. Vordere Augenkammer, von der Hornhaut und der Regenbogenhaut begränzt und mit der wässerigen Augenfeuchtigkeit erfüllt. g. Regenbogenhaut, Iris. h. Sehloch, Pupille. i. Krystalllinse, von der Linsenkapsel umgeben. Zwischen ihrer vorderen Fläche und der Iris befindet sich die hintere Augenkammer, die durch das Sehloch mit der vorderen in Verbindung steht. k. Glaskörper. l. Hintere Linsenfläche, in der tellerförmigen Grube des Glaskörpers ruhend. m. Strahlenkörper, Corpus ciliare. n. Sehnerve.

Die ganze innere Fläche der weißen Augenhaut ist von einer sammtartigen, tief schwarzen Membran, schwarze Augenhaut, auch Aderhaut oder Choroidea genannt, ausgekleidet, welche eine große Menge von Blutgefäßen enthält und ihre Schwärze einem besonderen kohlenartigen Farbstoffe verdankt, der in eigenthümlichen Zellen abgelagert ist, und bei manchen Menschen, den s. g. Kakerlaken oder Albino's, fehlt, wo dann Statt der schwarzen Farbe des Sehloches, die man bei gesunden Augen sieht, eine röthliche Tinte aus dem Grunde des Auges hervorschim-

mert. An dem vorderen Rande der Sclerotica wird die Aderhaut durch einen muskulösen Streifen, das s. g. Strahlenband, mit ihrer äußeren Fläche fester an die weiße Haut geheftet. Nach innen zu setzt sie sich in den Strahlenkörper, Corpus ciliare, fort, ein breiter Faltenkranz, der fest auf dem Rande der Linse und des Glaskörpers aufliegt, mit seinem inneren Rande in die hintere Augenkammer hineinragt und so die Ciliarfortsätze bildet, welche sich zwischen die hintere Fläche der Regenbogenhaut und die vordere der Linse einschieben. Die Regenbogenhaut oder Iris ist ebenfalls eine Fortsetzung der Aderhaut nach innen zu, und bildet im Auge einen senkrechten Vorhang, der hinter der Hornhaut etwa in ähnlicher Weise angebracht ist, wie das Zifferblatt hinter dem Uhrglase. In der Mitte besitzt dieser bewegliche Vorhang ein kreisrundes Loch, das Sehloch oder die Pupille, das bei grellem Lichte sich zusammenzieht, in der Dunkelheit sich ausdehnt. Die Farbe der Augen hängt von dem Pigmente ab, welches auf der vorderen Fläche der Iris abgelagert ist und das bald mehr grau, blau, oder braun ist; — die hintere Fläche ist stark mit schwarzem Farbstoff belegt. Die Aderhaut mit der Iris und den hinter derselben gelegenen Ciliarfortsätzen bildet demnach die zweite Schalenhaut der Zwiebel. Im hinteren Augenraume liegt sie hart an der weißen Augenhaut an; vorne aber findet sich zwischen der kreisförmig gekrümmten Hornhaut und dem senkrecht aufgehängten Vorhange der Iris ein halblinsenförmiger Raum, der durch eine wässerige Flüssigkeit erfüllt ist und die vordere Augenkammer heißt.

Die schwarze wie die weiße Augenhaut werden an ihrer hinteren Fläche von dem Sehnerven durchbohrt, welcher im Inneren des Auges sich in Form einer fast durchsichtigen, graulich gefärbten, sehr zarten Haut ausbreitet, welche die Netzhaut genannt wird. Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt nicht genau dem Sehloche gegenüber, sondern etwas nach innen; in der Augenaxe selbst, die man horizontal durch das Sehloch legt, findet sich ein eigenthümlicher gelber Fleck auf der Netzhaut,

der nur bei dem Menschen und einigen Affen angetroffen wird. Die Netzhaut kleidet die ganze innere Fläche der Aderhaut aus, sie geht vornen bis an die Gegend des vorderen Randes derselben und endet an dem hinteren Rande der Ciliarfalten mit einem wellenförmigen Rande. Die drei zwiebelartig übereinander gelegten Häute, welche den Augapfel bilden, sind demnach um so kürzer und um so weiter nach vorn offen, als sie mehr nach innen liegen; — weiße Augenhaut und Hornhaut bilden ein vollkommen geschlossenes Rund; Aderhaut und Iris zeigen eine kleinere mittlere Oeffnung, das Sehloch; die Netzhaut endlich bildet eine Art nach vorn offenen Bechers.

Das Innere des Augapfels ist, wie schon oben bemerkt, von mehreren flüssigen Theilen erfüllt, welche die eigenthümliche Prallheit dieses Organes bedingen. In der vorderen und hinteren Augenkammer, zwischen der Regenbogenhaut und der Hornhaut einerseits und der Linsenkapsel anderseits, findet sich eine klare Flüssigkeit, die fast reines Wasser ist, das nur wenige Bestandtheile aufgelöst enthält. Beim Anstechen der Hornhaut, was bei Operationen am Auge nicht selten geschieht, spritzt diese Flüssigkeit oft im Strahle hervor. Sie erneuert sich sehr rasch und ihr Verlust ist durchaus von keiner Bedeutung, eben dieser schnellen und leichten Erneuerung wegen. Hinter dem Sehloche und fast unmittelbar an die hintere Fläche der Regenbogenhaut angelegt, von der sie nur durch den kleinen Raum der hinteren Augenkammer getrennt ist, findet sich die Krystalllinse, ein aus blätterigen Schichten gebildeter Körper, dessen vordere Fläche etwas abgeplattet, die hintere aber stark gekrümmt ist, und der in seinen äußeren Schichten eine breiige Consistenz besitzt, während der innere Kern ziemlich fest ist. Die gesunde Linse ist außerordentlich klar, hell und durchsichtig; die sie bildenden blätterigen Schichten sind ihrerseits wieder aus feinen langen, platten, faserartigen Röhren zusammengesetzt, den sogenannten Linsenfasern, die eine besondere dickflüssige, eiweißartige Substanz enthalten. Die ganze Linse ist ringsum von einer feinen, glasartigen, strukturlosen Kapselhaut, der Linsenkapsel, umschlossen,

und liegt mit ihrer hinteren Fläche in einer tellerförmigen Grube des Glaskörpers, einer eiweißartigen, gelatinösen Flüssigkeit, welche den ganzen hinteren Augenraum ausfüllt, überall unmittelbar von der Netzhaut umschlossen wird und eine eigene Hülle, die Glashaut besitzt, die wahrscheinlich zellenartige Räume bildet, in welchen die Flüssigkeit angesammelt ist.

Die wesentlichen Theile des Augapfels theilen sich demnach in zwei Hauptklassen : einerseits durchsichtige, mehr oder minder flüssige Medien, durch welche die Lichtstrahlen bis zum Hintergrunde des Auges gelangen können, und anderseits hautartige Ausbreitungen mit sehr verschiedenen Eigenschaften, die wir näher analysiren werden.

Wichtig für die Funktion des Gesichtes erscheinen die verschiedenen Apparate, welche in der Umgebung des Augapfels angebracht sind, und theils zu seinem Schutze, theils zu seiner Bewegung dienen. Sechs Muskeln bedingen durch ihre Zusammenziehungen nicht nur die Bewegungen nach oben und unten, rechts und links, sondern auch die Drehungen des Auges um seine Axe, das Rollen desselben nach außen und innen; eine ziemlich bedeutende, tief in der Augenhöhle gelegene Drüse, die Thränendrüse, erhält durch die von ihr gelieferte allbekannte Absonderung die äußere Fläche des Augapfels in einem beständigen Zustande von Feuchtigkeit; zwei bewegliche, undurchsichtige Vorhänge, die Augenlieder, öffnen und schließen sich vor dem Augapfel, um, je nach dem Willen und dem Bedürfnisse des Individuums, dem Lichte Zutritt zu gestatten, oder dasselbe abzuhalten; eine äußerst feine Schleimhaut die sogenannte Bindehaut oder Conjunktiva, kleidet die Augenlieder auf ihrer inneren Fläche aus und setzt dann auf die vordere Fläche des Augapfels über, die sie vollkommen überzieht, indem sie auf der Hornhautfläche selbst durchsichtig wird. In dieser Bindehaut verlaufen die feinen Gefäßchen, die man auf der Oberfläche des menschlichen Augapfels sieht. Ihre stets glatte, schlüpfrige Oberfläche gestattet das Gleiten der Augenlieder über den Augapfel und das Drehen des Augapfels nach allen Richtungen hin.

Diese Bindehaut ist äußerst empfindlich; fremde Körper mit scharfen Ecken namentlich verursachen deshalb so heftige Schmerzen, wenn sie zwischen die Augenlieder gelangen. An dem inneren Augenwinkel, wo die Bindehaut in die Haut der Lieder und der Nase übergeht, befinden sich die Thränenpunkte, kleine Oeffnungen, durch welche die Thränenflüssigkeit beständig in den Thränensack und den Thränengang abläuft, der die Nasenknochen durchbohrt und in die Nasenhöhle selbst sich öffnet. An dem unteren Ende dieses Ganges befindet sich eine Klappe so gestellt, daß die Thränen beständig nach der Nase abfließen, Flüssigkeiten aber auf dem umgekehrten Wege nicht nach dem Auge aufsteigen können. Es giebt Menschen, bei welchen diese Klappe weniger genau schließt, so daß sie Luft oder Tabaksdampf bei geschlossener Nase aus dem am unteren Augenliede befindlichen Thränenpunkte hervortreiben können. Noch häufiger sind krankhafte Verschließungen der Thränengänge, in Folge deren die Thränenflüssigkeit beständig, wie bei dem Weinen, über die Backen herüberfließt und meistens die Wangenhaut selbst angreift und Schorfe darauf erzeugt.

Der wesentlich empfindende Theil des Auges ist die Netzhaut, deren Struktur trotz ihrer Dünne und Durchsichtigkeit eine äußerst complicirte ist. Der Sehnerv, welcher in einiger Entfernung von der Augenaxe nach innen zu die beiden äußeren Augenhäute durchbricht, um sich dann in der Netzhaut auszubreiten, bildet mit seinen Fasern eigentlich nur die Grundlage der Netzhaut, den Stramin, in welchen dann die übrigen Elemente hineingestickt sind. Man unterscheidet jetzt an der Netzhaut fünf verschiedene Schichten, die sich von außen nach innen in folgender Ordnung übereinander lagern. Am weitesten nach Außen und in unmittelbarer Berührung mit der Aderhaut stehen pallisadenförmig an einander gereiht helle durchsichtige Körperchen, die sogenannten Stäbchen, deren abgestutztes Ende der Aderhaut zugewendet ist, während sie nach innen, in die Netzhaut hinein, in einen langen Faden auslaufen, der äußerst leicht abbricht, wie denn überhaupt diese Fädchen wie die Stäbchen

höchst empfindlich gegen jede Einwirkung, mechanischer wie chemischer Art sind. Einige dieser Stäbchen sind dicker und an ihrem inneren Ende mit einer zellenartigen, spindelförmigen, gekörnten Anschwellung versehen, die dann ebenfalls wie die einfachen Stäbchen in einen feinen Faden ausläuft. Man hat diese angeschwollenen Stäbchen, die zwischen den anderen stehen und am gelben Fleck nur allein vorhanden sind, die Zapfen genannt — und die ganze äußere Schicht, welche aus Stäbchen und Zapfen zusammengesetzt ist, auch mit dem Namen der Jakobs'schen Haut bezeichnet. Da die Netzhaut einen hohlen Becher darstellt und alle Stäbchen mit ihren Fäden senkrecht auf dem Durchschnitte stehen, so bilden alle Radien, die vom Mittelpunkte der Netzhaut ausstrahlen, weshalb man auch die feinen, von den Stäbchen und Zapfen ausgehenden Fasern Radialfasern genannt hat.

Auf die Jakobs'sche Stäbchen- und Zapfenschicht folgt nach innen eine meist doppelte Lage dunkler, granulirter, das Licht stark brechender Körner, die vielleicht in die Radialfasern selbst eingelagert sind oder mit denselben in Verbindung stehen. Meist ist die Doppellage durch eine Schicht feiner Radialfasern getrennt, und da man oft diese Körner nach beiden Seiten hin in feine Fasern auslaufen sieht, so ist ihr Zusammenhang mit den Radialfasern nicht unwahrscheinlich.

Nach innen von der Körnerschicht folgt eine Lage von geschwänzten Nervenzellen, ganz denen der grauen Hirnsubstanz ähnlich, nach allen Seiten hin in feine Nervenfasern auslaufend. Diese Nervenfasern bilden eine Art Netz und ihre Enden treten augenscheinlich, wie man namentlich beim Elephanten gesehen hat, mit den letzten Fasern des Sehnerven in Verbindung.

Diese, die vierte Schicht bildend, breiten sich auf der inneren Fläche der Nervenzellenlage aus und strahlen von dem Eintrittspunkte des Sehnerven nach allen Seiten wie von einem Wirbel aus. Sie laufen also der Krümmung der Netzhaut folgend und die Radialfasern sind senkrecht gegen sie gerichtet.

Neueren Untersuchungen zu Folge setzen auch in der That d
letzten Enden der Radialfasern zwischen den feinen blassen, hor
zontal in der Netzhaut verlaufenden Sehnervenfasern durc
um entweder auf ihrer Außenfläche zu enden, oder aber sich da
mit den letzten Enden der Sehnervenfasern zu verbinden. Wen
dem so ist, so würden die Sehnervenfasern einerseits mit de
Nervenzellen, andererseits mit den Radialfasern und diese eben
falls mit den Nervenzellen zusammenhängen.

Als letzte Lage endlich erscheint, unmittelbar an dem Glas
körper anliegend, eine feine, durchsichtige Begrenzungshau
mit einer Lage von rundlichen Zellen nach innen zu gepflaster

An dem in der Augenaxe gelegenen gelben Flecke, desse
Farbe durch kein besonderes mikroskopisches Element, sonder
durch eine tränkende Flüssigkeit bedingt scheint, finden sich nu
Zapfen, keine Stäbchen, so wie durchaus keine Sehnervenfasern
und in der Mitte des Fleckes fehlt auch die Körnerschicht, s
daß hier die ganze Netzhaut auf drei Lagen reduzirt ist, nac
außen Zapfen, mitten Nervenzellen, nach innen die Begrenzungs
haut. Da nun gerade an dieser Stelle das schärfste Sehen, di
klarsten Bilder ihren Sitz haben, so folgt aus der anatomische
Anordnung mit innerster Nothwendigkeit, daß die Nervenzelle
und die Zapfen die wesentlichsten Licht empfindenden Theile, di
Sehnervenfasern dagegen nur leitende Apparate sind, welche di
in jenen Theilen entstandene Veränderung dem Gehirne zuleiten
selbst aber nicht fähig sind, mehr als bloße Lichtempfindung dem
Gehirne zukommen zu lassen. Alles, was das Sehorgan al
specifisches Organ konstituirt, das Auffassen der Bilder un
der Farben, gehört deshalb den Stäbchen, Zapfen, Radial
fasern und Nervenzellen an — der Sehnerv, ohne diese analy
sirenden Organe, würde nur Empfindung von Licht und Dunke
gewähren können.

Daß die Netzhaut überhaupt der empfindende, der Sehnerv
der dem Gehirne zuleitende Theil des Auges sei, und daß be
Krankheit oder Zerstörung beider Organe Blindheit die noth
wendige Folge ist, läßt sich leicht nachweisen. Beiderlei Zustände

ifen wir unter dem Namen des schwarzen Staares
der Amaurose. Die äußeren Augentheile sind bei solchen
inden meist vollkommen gesund. Das Innere des Sehloches
ar und rein schwarz, wie bei einem gesunden Auge, und
Operation, welche die übrigen Augentheile betreffen würde,
aus unstatthaft. Eben so leicht läßt sich aber auch nach-
n, daß der Sehnerve als solcher keine andere als höchstens
mpfindung erzeugen könnte. Gerade diejenige Stelle im
, wo die Netzhaut nur aus Sehnervenfasern besteht, die
rittsstelle des Sehnerven, ist, wie wir später sehen werden,
mmen unempfindlich gegen das Licht, so daß wir beständig
dunklen Fleck in unserem Gesichtskreise mit uns herum
n.

Die einzelnen Theile des Auges sind indeß nicht nur
inbend und leidend. Wir haben oben gesehen, daß viele
me, wie die Lieder, die Bindehaut, ja auch die weiße Augen-
nur Schutzorgane sind; andere, wie die Hornhaut, die
, der Glaskörper und die wässerige Feuchtigkeit sind dagegen
sichtige Medien, bestimmt, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege
der empfindenden Netzhaut durchzulassen und durch die
mung ihrer Oberflächen so zu brechen, daß sie im Grunde
Auges Bilder erzeugen, welche als solche aufgefaßt werden
n. Die Untersuchung der Brechungsverhältnisse im Auge
einen der wesentlichsten Gegenstände der Physiologie des
s, wie der Optik überhaupt.

Schneidet man das Auge eines weißen Kaninchens un-
lbar nach dem Tode aus und hält dasselbe, nachdem man
rgfältig gereinigt hat, gegen ein Fenster, so erblickt man
er hinteren Wand des durchscheinenden Auges, dessen Ader-
durchsichtig und pigmentlos ist, das sehr zierliche Bild des
ers nebst den draußen befindlichen Gegenständen, verkleinert
verkehrt. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man das
in eine zusammengewickelte Papierrolle so legt, daß seine
lle nach vorn schaut, und man nun hinten in die Röhre,
e alles seitliche Licht abhält, hineinschaut. Die umgebenden

Gegenstände zeigen sich in wunderbar klaren Bildchen, mit ihren natürlichen Farben, in bestimmter Proportion verkleinert und verkehrt, so daß die Bäume z. B. oben zu wurzeln und ihre Spitze unten zu haben scheinen. Das Auge eines weißen Kaninchens ist deshalb besonders geeignet zu diesem Versuche, weil seine Aderhaut, wie bei allen Kakerlaken, vollkommen durchscheinend ist; während bei den gewöhnlichen Augen dieselbe schwarz und undurchsichtig erscheint. Um bei einem normalen Auge denselben Versuch anzustellen, müßte man hinten in der Gegend der Augenaxe ein bedeutendes Stück der weißen Augenhaut oder der Sklerotika wegnehmen und dann das schwarze Pigment der Aderhaut wegpinseln, so daß nur die matt durchscheinende Netzhaut überbleibt; — abgesehen von der Langweiligkeit einer solchen Operation würde aber das so behandelte Auge dennoch keine so deutlichen Bilder geben, als das weiße Kaninchenauge, dessen ursprüngliche Gestalt vollkommen erhalten ist, während durch die Wegnahme der weißen Augenhaut nothwendig die Form des Bulbus verändert und dadurch die Reinheit des Bildes gestört werden muß.

Es lehrt dieser einfache, leicht anzustellende Versuch, daß in dem Auge ein optischer Apparat verwirklicht ist, in welchem die umgebenden Gegenstände auf ein kleines, verkehrt stehendes Bild von großer Schärfe und Deutlichkeit reducirt werden, und daß die verschiedenen Theile des Auges so construirt sind, daß dieses Bild auf der Netzhaut sich entwirft. Wir besitzen optische Apparate, welche zu gleichem Zwecke construirt sind und die wir dunkle Kammern, Camera obscura, nennen. Diese Vorrichtungen bestehen, in ihrer einfachsten Construktion, aus einem inwendig schwarz lackirten Kasten, auf dessen einer Fläche eine gläserne Linse, ein Brennglas angebracht ist. Gegenüber diesem Brennglase befindet sich, Statt einer schwarzen Wand, eine mattgeschliffene, durchscheinende Glasplatte. Betrachtet man diese Glasplatte, so zeichnen sich die vor dem Brennglase befindlichen Gegenstände in verkleinertem und verkehrtem Bilde auf derselben; das Bild würde sich schon erzeugen, wenn man nur in

der gehörigen Entfernung hinter dem Brennglase, oder, um den wissenschaftlichen Ausdruck beizubehalten, hinter der Sammellinse die matte Glastafel anbrächte, es würde aber undeutlich, unrein ausfallen, wegen des überall einfallenden, falschen Lichtes; der innen schwarze Kasten, an welchem Sammellinse und Glastafel angebracht sind, dient nur zur Abhaltung dieses falschen Lichtes, zur Absorption aller seitlich einfallenden Strahlen, welche die Reinheit des Bildes beeinträchtigen würden.

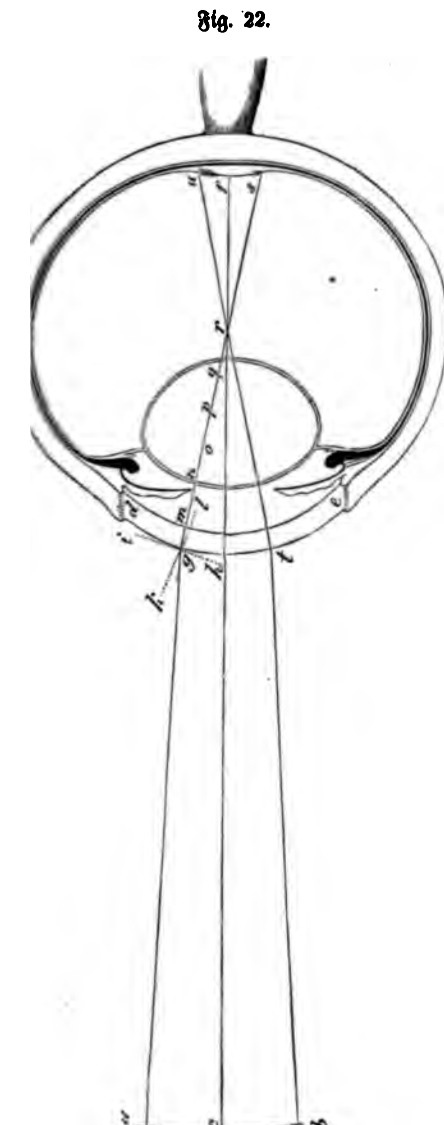
Vergleicht man nun den Bau des Auges mit der Construktion der Camera obscura, so lassen sich sogleich folgende Anhaltspunkte feststellen. Alle durchsichtigen Augentheile, die Hornhaut, die Krystalllinse und der Glaskörper, zeigen keine flachen, sondern bogenförmige Oberflächen, sie stellen in ihrer Gesammtheit eine Sammellinse dar, die aus verschieden brechenden Theilen zusammengesetzt ist. Die Netzhaut, das empfindende Gebilde, entspricht durch ihre Mattigkeit und das Durchscheinende, das sie besitzt, vollkommen der matten Glastafel, während die weiße Augenhaut mit der an ihrer inneren Fläche ausgebreiteten Aderhaut dem innen schwarz lackirten Kasten der Camera obscura sich vergleichen läßt.

Die Lichtstrahlen, welche durch eine Sammellinse mit regelmäßig gebogenen Oberflächen gehen, werden alle in der Weise gebrochen, daß sie in einem bestimmten, hinter der Linse gelegenen Punkte, welcher der Kreuzungspunkt heißt, sich vereinigen. Nur der Axenstrahl, d. h. derjenige Strahl, welcher durch das Centrum der Linse geht, wird ungebrochen in gerader Linie fortgeleitet, alle übrigen Strahlen hingegen werden von der Linse nach dem Axenstrahle hin gebrochen und vereinigen sich mit ihm in dem Brennpunkte oder Kreuzungspunkte. Faßt man daher mit einer Sammellinse das Bild der Sonne, eines kreisrunden Körpers, auf, so bilden die durch die Linse durchgehenden Strahlen einen Kegel, in dessen Spitze sie sich sämmtlich vereinigen und dadurch eine größere Hitze hervorbringen. Wer hat sich nicht schon eines Brennglases bedient, um Zunder anzustecken? Man rufe sich die zu diesem Endzwecke nöthigen Manipulationen

zurück. Anfangs hält man das Brennglas zu nahe, man sieht einen hellen Kreis auf dem Zunder. Man entfernt es; der Kreis wird immer kleiner. Ist man so weit, daß nur ein hellglänzender Punkt sich zeigt, so entbrennt der Zunder. Entfernt man das Brennglas noch mehr, so entsteht von Neuem ein Kreis, der um so größer wird, je weiter es von dem Zunder absteht. Die Lichtstrahlen kreuzen sich in dem Brennpunkte und bilden von diesem an auseinandergehend einen zweiten Kegel, dessen Spitze in dem Brennpunkte liegt. Hat man nun zufällig die Sammellinse so gefaßt, daß der eine Finger seitlich auf derselben aufliegt, so daß z. B. ein Theil des linken Randes der Linse von dem Finger beschattet ist, so wird man in dem Kreise, welcher entsteht, bevor der Zunder im Brennpunkte ist, den Schatten des Fingers auf der linken Seite sehen, während bei größerer Entfernung, über den Brennpunkt hinaus, der Schatten des Fingers auf der umgekehrten, also rechten Seite sich findet. Es bedarf nicht mehr, als dieses einfachen Versuches, um sich zu überzeugen, daß die von einer Sammellinse aufgefaßten Strahlen sich wirklich in dem Brennpunkte kreuzen und hinter dem Brennpunkte demnach ein verkehrtes Bild des Gegenstandes bilden müssen, wo rechts und links, oben und unten mit einander verwechselt sind. Die Verhältnisse des Bildes bleiben die nämlichen, nur seine Stellung ist eine verschiedene.

Der oben erwähnte Versuch mit dem Kaninchenauge beweist, daß diese Verhältnisse in dem Auge verwirklicht sind. Den Gang der Lichtstrahlen mag die auf der folgenden Seite eingedruckte Figur versinnlichen. Der Pfeil a c b stelle einen zu sehenden Körper vor. Die Lichtstrahlen, welche dieser nach dem Auge absendet, sind alle zwischen den Strahlen a g und b t eingeschlossen. Die mit krummen Flächen begränzte Hornhaut d e wird die Strahlen, welche in sie eindringen, brechen, und da sie ein größeres Brechungsverhältniß als die Luft besitzt, so werden die Strahlen gegen die punktirte Linie k l hin gebrochen. (Diese punktirte Linie ist eine senkrechte auf der Tangente i h, die ebenfalls punktirt ist). Der Strahl a b wird also die Richtung

Fig. 22.



m n o p q r nehmen und in dem letzteren Punkte mit dem ebenfalls nach der Mitte zu gebrochenen Strahle b t zusammentreffen. Der Axenstrahl c, welcher auf die Mitte der Hornhautwölbung trifft, wird ungebrochen in gerader Linie durchgehen. Alle diese Strahlen werden also in r, in dem Brennpunkte des Auges, zusammentreffen, und von dort aus weiter nach dem Hintergrunde des Auges gehen. In dem Brennpunkte aber werden sie sich kreuzen, und während der Axenstrahl gerade durch nach f geht, wird der Strahl b t nach u, der Strahl a k nach s gelangen, das verkleinerte Bild s u f im Hintergrunde des Auges also verkehrt stehen.

Wir haben, zur Vereinfachung der Demonstration, hier angenommen, als finde nur eine einzige Brechung durch sphärisch gewölbte Hornhaut Statt. Im Auge selbst tritt :r dadurch eine Complikation ein, daß nicht ein, sondern

mehrere brechende Körper hinter einander aufgestellt sind, deren Effekte zusammengenommen die Herstellung eines verkleinerten Bildes auf der Netzhaut zur Folge haben. Die Hornhaut, mit ihrer kreisförmigen Wölbung, welcher die Fläche der wässerigen Flüssigkeit natürlich folgt, bedingt schon eine bedeutende Brechung der Lichtstrahlen nach der Axe zu, welche noch durch die Krystalllinse verstärkt wird. Dieses aus concentrischen Faserlagen gewobene Gebilde ist vorne mehr flach und einer Ellipse nach gekrümmt, während die hintere Fläche den Abschnitt einer Parabel darstellt. Die praktische Optik hat bis jetzt vergebens versucht, parabolische Linsen darzustellen; ihre Schleifung ist, wie es scheint, eine Unmöglichkeit. Es würde hier zu weit führen, und gehört auch wesentlich einer anderen Wissenschaft, der Optik, an, wenn wir zeigen wollten, warum elliptische und namentlich parabolische Oberflächen für Sammellinsen die geeignetsten sind. Bei Linsen, deren Oberflächen Kugelabschnitte darstellen, tritt die sogenannte sphärische Aberration ein; Lichtstrahlen nämlich, welche den Rand der Linse unter einem gewissen Winkel treffen, werden nicht genau in dem Brennpunkt, sondern vor oder hinter demselben gebrochen, und solche Linsen erzeugen daher hinter dem Brennpunkte Bilder, welche nicht rein sind. Man kann diesen Uebelständen, die selbst bei der bestgeformten sphärischen Linse sich zeigen, einestheils dadurch abhelfen, daß man den Rand der Linse den Seitenstrahlen entzieht, indem man eine Blendung vor derselben aufstellt, welche schwarz gefärbt ist und in der Mitte eine mehr oder minder große Oeffnung zeigt. Es werden durch eine solche Blendung die Axenstrahlen und die denselben zunächst liegenden, ziemlich parallelen Strahlen eingelassen, die Randstrahlen aber ausgeschlossen. Es gehört indeß eine genaue Berechnung der Brechungskraft, so wie der gekrümmten Oberfläche der Linse und zugleich eine bestimmte Entfernung des Objektes dazu, um dem Bilde die größtmögliche Schärfe zu geben, und Sammellinsen, welche in verschiedenen Weiten gebraucht werden, bedürfen demnach Blendungen von verschiedener Größe, die man je nach Beschaffenheit und Entfernung des Ob-

jektes wechseln kann. Blendungen sind indeß nie hinreichend, um die sphärische Aberration gänzlich aufzuheben; es gehören dazu noch ferner eine Abänderung der Curven in elliptische und parabolische, und endlich eine Verdünnung der Substanz der Linse selbst am Rande, wodurch die Randstrahlen eine geringere Brechung erleiden, und so wieder in den Brennpunkt gelangen, vor dem sie sich vereinigt haben würden, wenn die Linse in allen ihren Theilen aus derselben, überall gleich dichten Substanz verfertigt wäre.

Die praktische Optik hat diese Bedürfnisse nicht alle in gleichem Maße verwirklichen können. Es ist ihr unmöglich, parabolische Linsen herzustellen; sie kann ihre Linsen nur aus einem Materiale, etwas Glas oder Krystall, schneiden, das überall gleich dicht ist; ihre Blendungen können gewechselt, aber nicht allen möglichen Abstufungen angepaßt werden. In dem Auge hingegen sind alle Bedingungen vereinigt. Die hintere Linsenfläche ist parabolisch, die vordere elliptisch; die äußeren Schichten der Linse sind weniger dicht, brechen das Licht weniger stark, als der innere Kern, und die Randstrahlen werden deshalb um so weniger gebrochen, je mehr seitlich sie einfallen; endlich hat die Natur in dem beweglichen Vorhange der Iris oder Regenbogenhaut eine veränderliche Blendung hergestellt, welche sich allen verschiedenen Erforderníssen anzupassen vermag und stets der Pupille diejenige Weite giebt, welche zur Herstellung eines scharfen Bildes erforderlich ist. Die Bewegungen der Regenbogenhaut sind unwillkürliche, durch Reflexion bedingte Bewegungen, die mit der Lichtempfindung auf der Netzhaut in Verbindung stehen. Je heftiger der Reiz ist, der diese trifft, desto enger zieht sich die Regenbogenhaut zusammen, desto kleiner wird die Pupille; je mehr wir die Netzhaut bei Betrachtung eines Gegenstandes anstrengen, um so mehr zieht sich die Pupille zusammen und um desto schärfer wird das Bild, das sich der Netzhaut bietet. Zerstörung des Sehnerven, Lähmung der Netzhaut bedingen auch Unbeweglichkeit der Regenbogenhaut und starre Fixation der Pupille, während bei gesundem Sehvermögen diese wunderbare contraktile Blendung in stetem Spiele sich be-

findet, um, je nach dem Bedürfnisse des Sehaktes, die Oeffnung, welche den Lichtstrahlen geboten ist, kleiner oder größer zu stellen.

Der Kreuzungspunkt, welcher durch die Vereinigung der angeführten Mittel hergestellt wird, liegt in dem menschlichen Auge in geringer Entfernung hinter der Linse, etwa in der Hälfte der Länge der Augenaxe, in genaueren Maßen 12 Millimeter hinter der Vorderfläche der Hornhaut, oder vier Millimeter hinter der Hinterfläche der Linse. Merkwürdiger Weise ist derselbe Punkt auch das Centrum, um welches unsere Augen bei ihren Bewegungen sich drehen. Wie wir auch unsere Augen stellen mögen, nach oben, unten, außen oder innen, der Kreuzungspunkt bleibt stets an derselben Stelle, er ist zugleich der Drehpunkt für die Bewegungen des Augapfels, der sich in der Augenhöhle wie in einem Nußgelenke umherwälzen kann. Die Kugel, welche sich in einem Nußgelenke befindet, kann nicht seitlich ausweichen, da sie überall in der Peripherie fixirt ist; vermöge ihrer Kugelform aber kann sie sich nach allen Richtungen hin umdrehen, ohne daß ihr Mittelpunkt verändert wird. Es ist eine äußerst merkwürdige Einrichtung bei dem Auge, daß der statische Mittelpunkt, um welchen das Auge durch seine mechanischen Vorrichtungen gedreht wird, zusammenfällt mit dem optischen Mittelpunkte des Organes. Das so eingerichtete Instrument erhält bei möglichster Beweglichkeit zugleich eine außerordentliche Präcision in seinen Bewegungen, während die Punkte der Oberfläche, welche sich über Kreisabschnitte drehen, nur sehr wenig Raumveränderung vorzunehmen haben, um eine bedeutende Axendrehung herzustellen.

Da das Nußgelenk, innerhalb dessen sich die Kugel des Augapfels dreht, nur aus einem Fettpolster besteht, welches eine gewisse Nachgiebigkeit hat, so kann man die ganze Einrichtung auch als ein Nußgelenk ansehen, welches zugleich selbst wieder verschiebbar ist. Es scheint indessen, als ob die Wirkung der Augenmuskeln niemals so weit ginge, den Augapfel selbst zu verschieben, sondern nur zuweilen sich darauf beschränkt, ihn in der Richtung der Sehaxe weiter in die Augenhöhle zurückzuziehen

er bei Erschlaffung vortreten zu lassen. Viele Säugethiere
ben zu dieser Bewegung einen eigenthümlichen Muskel, der
i dem Menschen durch das Zusammenwirken der geraden Au-
nmuskeln ersetzt wird.

Der schon öfter erwähnte Fundamentalversuch mit dem
ißen Kaninchenauge enthält noch mancherlei Folgerungen,
lche in der Construktion des Auges als optisches Werkzeug
gründet liegen und deren nähere Erörterung zum Begreifen
s Sehprozesses höchst wichtig ist. Richtet man das präparirte
ninchenauge gegen ein Fenster, durch welches sich Häuser,
äume, Berge in der Ferne, kurz eine ganze Landschaft zeigt,
erhält man auf der hinteren Seite ein verkleinertes Bild,
m das Fenster als Einfassung dient. Je ferner die Gegen-
ände, desto kleiner erscheinen sie; ein Berg am Horizonte er-
eint kaum so groß, als der Schornstein eines gegenüberstehen-
n Hauses. Es beruht diese Verkleinerung der entfernten
egenstände, auf welcher unsere ganze Malerkunst, unsere Per-
ektive beruht, einzig und allein auf der Vergrößerung oder
rkleinerung des Sehwinkels oder Gesichtswinkels,
ter welchem die Gegenstände erscheinen. Man halte einen
leistift von einer gewissen Länge dem Auge in einer Entfernung
n 5 oder 6 Zollen gegenüber, und denke sich nun von allen
nkten dieses Bleistiftes Linien nach dem Kreuzungspunkte des
ges gezogen. Das Bleistift wird so zur Basis eines Drei-
es, dessen Spitze in dem Kreuzungspunkte liegt, und wenn ich
der geometrischen Construktion fortfahrend die im Kreuzungs-
nkte des Auges sich treffenden Linien bis zur Netzhaut ver-
ngere, so erhalte ich auf dieser ein umgekehrtes Bild, das
enfalls als Basis eines Dreieckes betrachtet werden kann, dessen
pitze im Kreuzungspunkte liegt und dessen Schenkel von den
ßersten Strahlen gebildet werden, die von den beiden Enden
s Bleistiftes herstammen. Jedes Dreieck besteht aus drei
inkeln; derjenige Winkel, welcher durch die äußersten Strahlen
dem Kreuzungspunkte gebildet wird, heißt der Sehwinkel,
ter dem ich das Objekt erblicke.

Je weiter man die Seite eines Dreieckes von der gegenüberstehenden Ecke entfernt, desto kleiner wird der Winkel, unter welchem die beiden Schenkel des Dreieckes in der Spitze zusammentreffen. Je weiter mithin ein Gegenstand von dem Auge entfernt ist, desto kleiner wird der Sehwinkel, unter welchem seine äußersten Strahlen im Kreuzungspunkte zusammentreffen, und desto kleiner wird auch das Bild, welches er auf der Netzhaut erzeugt. Ein Objekt, welches in größerer Nähe einen gewissen Raum darbot, wie z. B. eine Scheibe, wird in größerer Entfernung nur wie ein Stecknadelknopf, noch weiter wie ein Punkt von kaum räumlicher Ausdehnung, endlich gar nicht mehr gesehen; weil bei zu großer Entfernung endlich der Gesichtswinkel auf ein Minimum reducirt wird und kein Bild mehr auf der Netzhaut erzeugt werden kann.

Die Bestimmung des kleinsten Sehwinkels, unter welchem ein Gegenstand noch wahrgenommen werden kann, unterliegt manchen Schwierigkeiten. So viel ich weiß, hat man noch nicht versucht, denselben objektiv zu bestimmen, indem man an ausgeschnittenen Augen versuchte, bis zu welchem Grade ein noch wahrnehmbares Netzhautbildchen im Grunde des Auges entstehen würde; sondern man hat an den Augen lebender Menschen zu bestimmen gesucht, welche Größe ein Objekt haben müsse, um gerade noch wahrgenommen werden zu können, und hat sodann aus den erhaltenen Resultaten, bei den bekannten Dimensionen des Auges, die Größe des Sehwinkels und des Netzhautbildchens berechnet. Es müssen solche Berechnungen etwas Schwankendes haben, da nicht nur die Augen sehr bedeutende individuelle Verschiedenheiten darbieten, sondern auch dasselbe Individuum bei günstiger Stimmung weit schärfer, genauer und klarer sieht, als zu anderen Zeiten. Eben so bieten Farbe, Beleuchtung und Abgränzung des Körpers, welchen man besieht, die mannichfachsten Gründe zu vielfachem Wechsel. Ein scharf und hell beleuchteter weißer Punkt auf schwarzem Grunde kann eine weit geringere Größe besitzen, als ein anderer hellgrauer Punkt auf etwas dunkler grauem Grunde, und während ersterer scharf und

deutlich wahrgenommen wird, läßt letzterer sich nicht mehr erkennen. Indeß bieten solche Messungen stets gewisse Gränzen dar, innerhalb welcher die Körper bei günstiger Beleuchtung wahrgenommen werden. Man hat gefunden, daß Striche, die nur 0,007 Millimeter von einander entfernt scharf auf Glas eingerissen sind, bei günstiger Beleuchtung und gehöriger Sehweite noch vollkommen deutlich unterschieden werden können, was bei einer Sehweite von 248 Linien im gegebenen Falle ein Netzhautbildchen von etwa einem Zweimalhunderttausendtheil eines Pariser Zolles geben würde, woraus sich ein Sehwinkel von etwa 2—3 Sekunden ergiebt. Gegenstände, welche noch kleinere Netzhautbildchen erzeugen würden und einen noch kleineren Sehwinkel hätten, müßten begreiflicher Weise ganz aus dem Gesichte verschwinden und uns unsichtbar bleiben.

Die Berechnung der Entfernungen, unter welchen uns Gegenstände erscheinen, ist für uns eine oft unwillkürliche Abstraktion aus dem Gesichtswinkel, unter welchem uns bekannte Gegenstände erscheinen, und Leute, für welche diese Bestimmung von Wichtigkeit ist, haben oft Regeln, nach welchen sie die Entfernungen sehr genau abschätzen können. Der Alpenjäger weiß, daß der Gemsbock erst dann sich in gehöriger Schußweite befindet, wenn seine beiden Hörner mit Deutlichkeit unterschieden werden können; dem Schützen ist aus Erfahrung bekannt, daß er bei einer bestimmten Entfernung nicht mehr die Knöpfe an der Uniform seines Feindes unterscheidet, in noch größerer den Pompon und in noch bedeutenderer die Epauletten. Wir wissen ebenfalls aus ungefährer Kenntniß die etwaige Größe eines Hauses, eines Baumes, und bestimmen daraus bei dem Anblicke einer Landschaft die etwaigen Entfernungen. Täuschungen in dieser Hinsicht sind ungemein leicht in solchen Gegenden, wo uns die gewöhnlichen Maßstäbe unserer Berechnung fehlen. In den höheren Gebirgen, wo die Tanne, statt 60 Fuß Höhe, nur 20 erreicht, wo die großartigsten Felsen, die gewaltigsten Gletscher keine anderen Linien und keine anderen Farben bieten als kleine Steine und Stücke Eis, in solchen Gegenden wird das Schätzungs-

vermögen der Entfernung gewaltig betrogen. Man gla
kleinsten Ritze, die winzigsten Steinchen zu sehen, wo m
gewaltige Klüfte und riesige Felsen vor sich hat; man
die Kleinheit der Bäume und sieht so alle Gegenstän
näher, als sie in der That sind. Wie sehr alle diese
nungen der Entfernung aber eben nur Folge der Uebu
der Gewohnheit sind, das zeigen die Kinder, die Blind
nen, denen eine Operation das Gesicht wieder giebt.
greifen nach dem Monde, als wäre er im Bereiche ihrer
und erst nach und nach lernen sie sehen und nach den
nungen abmessen. Das Bild, welches auf unserer Netzh
steht, ist demnach kein körperliches, sondern ein Flä
welches wir mit unserem geistigen Auge, dem Verstande,
zu betrachten uns einüben, als wir die Bilder, welche die
uns vorführt, studiren. Die Entfernung und das Rel
Gegenstände werden uns durch unser Auge nicht unm
gegeben; sie sind erst das Resultat der Uebung, die
Gebrauche unseres Instrumentes erlangen, und die Beurt
des Reliefs namentlich entsteht für uns nur aus der B
tung der Schatten. Die eingegrabenen vertieften Bu
eines Siegelringes z. B. erscheinen uns erhaben, sobald
mit einer das Bild umkehrenden Lupe betrachten. Wir
dadurch die Schatten ebenfalls um.

Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in
es die Gegenstände am schärfsten und deutlichsten wahr
Bei gewöhnlichen guten Augen beträgt diese Entfernun
acht Zoll; man nennt dies die normale Sehweite.
türlich bringen wir bei Untersuchung von Gegenstände
wir bis in ihre kleinsten Einzelheiten betrachten wollen
auch beim Lesen, Schreiben, Handarbeiten u. s. w. unse
in die Entfernung seiner Sehweite. Ungemein häufig fin
indeß Abweichungen der Augen von dieser normalen Se
Ist sie geringer, so ist Kurzsichtigkeit — wenn größer,
sichtigkeit die Folge, und meist sogar lassen die beiden
Unterschiede in ihrer mittleren Sehweite entdecken. Die U

er Abweichungen liegen besonders in größerer oder geringerer
bung der lichtbrechenden Oberflächen des Auges. Kurzsichtige
n meist eine stärker gewölbte, Weitsichtige eine mehr flache
nhaut, und sehr wahrscheinlich liegt bei solchen Individuen,
eine stärkere oder geringere Wölbung der Hornhaut nicht
genommen werden kann, die Ursache in der Krümmung
insenoberflächen, oder auch in der größeren oder geringeren
rnung der Krystalllinse von der Netzhaut. Junge Leute
prallem Augapfel sind häufig kurzsichtig wegen zu starker
ung der Hornhaut; mit zunehmendem Alter, wo diese Prall-
abnimmt, die Wölbung geringer wird, verliert sich auch die
ichtigkeit, und es begegnet nicht selten, daß solche Leute in
em Alter weitsichtig werden und nun Sammellinsen ge-
hen müssen, während sie in ihrer Jugend zum Tragen von
reuungsbrillen genöthigt waren. Der Kurzsichtige sieht kleine
nstände, denen er sich hinlänglich nähern kann, besser als
Weitsichtige, weil er eben bei größerer Näherung zum Auge
größeren Gesichtswinkel für dieselben erhält; er braucht
demselben Grunde weniger Licht als der Weitsichtige, und
olche Beschäftigungen, die scharfes Sehen in der Nähe ver-
n, ist der Kurzsichtige offenbar begünstigt, während ihm
ntlich im Freien der Genuß der Landschaften und Aussichten,
em Weitsichtigen vergönnt sind, bedeutend verkürzt ist.

Die Beschäftigung des Menschen, sein Stand und seine
tsart üben, abgesehen von dem Alter, den größten Einfluß
ie Sehweite der Augen aus. Die sitzende Lebensart unserer
nd, die stete Beschäftigung mit Lesen und Schreiben haben
urzsichtigkeit allgemein verbreitet und leider! droht die kör-
he Infirmität auch in eine geistige auszuarten. Der Ge-
h von Wandtafeln, Wandkarten und anderweitigen Hülfs-
ln der Art, welche den Schüler zwingen, den Blick zuweilen
twas entferntere Gegenstände, als Buch und Heft, zu richten,
nicht ausreichen, obgleich auch dieses geringe Mittel nicht
erschmähen ist. Beschäftigung in der freien Natur, eifrigeres
reiben der Naturwissenschaften, nicht nur in einem Schul-

saale bei pedantischen Büchern, trockenem Pflanzenheu und vermoderten Thierbälgen, sondern draußen bei Wind und Wetter, in Feld und Wald, wäre das rechte Mittel, der Kurzsichtigkeit entgegen zu arbeiten. Statt dessen aber erfindet man Apparate griechischen Namens, worin sieben O's mit einigen Ypsilons abwechselnd sich bestreben, eine Verrenkung der Kinnbacken zu erzeugen! Wie dem auch sei, statistische Untersuchungen haben herausgestellt, daß im Durchschnitte unter hundert Schülern und Studenten von 16—25 Jahren 94 Kurzsichtige sich befinden; daß unter den Gelehrten dies Verhältniß etwas nach Alter und Beschäftigung abnimmt, so daß theoretische Bücherwürmer 84, praktischer beschäftigte Gelehrte nur 63 Prozent Kurzsichtige zählen, während Männer höherer Stände eine noch höhere Verhältnißzahl, nämlich 67 bekommen. Kaufleute, die den größten Theil ihres Lebens am Bureau zubringen, haben 63 Prozent Kurzsichtige, während Ladendiener, Commis, Magazinbeamte, die weniger sitzende Lebensart im Kaufmannsstande führen, 48 Prozent Weitsichtige zählen. Soldaten, Künstler, Schuster und Schneider zählen mehr als die Hälfte Weitsichtiger; Jäger und Ackerbauer endlich zeigen die günstigsten Verhältnisse für die Weitsichtigkeit, indem sich unter ihnen 74 auf hundert finden.

Der so deutlich ausgeprägte Einfluß der Beschäftigung auf die Sehweite der Augen beweist zugleich, daß diese sich in gewisser Gränze den Entfernungen anzupassen vermögen, welche gewöhnlich ihnen dargeboten werden. Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es am schärfsten und genauesten sieht; von dieser Sehweite an nehmen die Bilder in der Nähe wie in der Ferne an Deutlichkeit ab. Unser Auge kann sich aber verschiedenen Entfernungen anpassen; es besitzt ein Akkommodationsvermögen, nach welchem es, noch innerhalb der Gränzen der deutlichen Bilder, sich den verschiedenen Entfernungen anzupassen vermag. Ein Individuum, das lange aufmerksam gelesen oder geschrieben hat, und nun plötzlich durch das Fenster nach einem entfernteren Gegenstande, etwa einer Thurmuhr blickt, auf welcher es die Stunde zu sehen gewohnt

, sieht in dem ersten Augenblicke das Zifferblatt verwaschen, : Zahlen und Zeiger verschwimmend, und erst nach einigen ✱unden gestaltet sich das Bild schärfer und schärfer, bis man ttlich Ziffern und Zeiger erkennt. Das Auge hat sich hier t verschiedenen Entfernungen, die ihm geboten wurden, ange- ßt, und es muß offenbar eine innere Veränderung im Auge r sich gegangen sein, wodurch die Verhältnisse der optischen, ıtbrechenden Medien zu der Netzhaut in dem Grade verändert rden, daß nun das Bild der entfernteren Gegenstände deutlich f derselben entworfen wird. Mittelst des Helmholtz'schen genspiegels, durch den man die Bilder erblicken kann, die sich f der Netzhaut eines lebenden Menschen abspiegeln, kann man ı überzeugen, daß das Auge stets nur auf eine gewisse Ent- nung eingestellt ist. Die Bilder der Körper, welche in dieser ıtfernung liegen, sind deutlich — alle andere aber undeutlich. ßt der Mensch einen vor oder hinter dem Körper liegenden genstand ins Auge, so wird das Bild dieses Gegenstandes ıtlich, dasjenige des ursprünglich betrachteten Körpers dagegen deutlich — ein deutlicher Beweis, daß keine Veränderung der hare, keine Augenbewegung nöthig ist, um die Einstellung zu wirken, und daß diese im Inneren des Auges vor sich gehe.

Man hat vielfach zu bestimmen gesucht, auf welcher inneren eränderung dies Akkommodationsvermögen beruhe, ohne zu ge- igenden Resultaten zu kommen. Die Verhältnisse der kurz- d weitsichtigen Augen mußten zuerst auf die Vermuthung ngen, daß die Hornhaut beim Anpassen an entfernte Gegen- de abgeplattet, beim Nahesehen gewölbt würde; allein un- elbare Beobachtung scheint diese Annahme nicht zu bestätigen. n so wenig hat die Zusammendrückung des Augapfels durch Muskeln einigen Grund für sich. Die wahrscheinlichste An- me bleibt noch die, daß die Krystallinse selbst im Inneren Auges etwas Weniges vor- und rückwärts bewegt werden e und daß durch diese Veränderung der Entfernung zwischen stalllinse und Netzhaut die Akkommodation vermittelt werde. n hat berechnet, daß es nur eines Vorrückens der Linse von

nur einen Zehntel einer Linie bedürfe, um das Auge allen möglichen Entfernungen anzupassen, und es ist leicht einzusehen, daß bei der Unnachgiebigkeit der seitlichen Wände des Augapfels, der großen Beweglichkeit desselben und der ziemlich freien Lage Bewegungen, welche in dem Inneren dieses Organes vor sich gehen und innerhalb des zehnten Theiles einer Linie spielen, gar nicht unmittelbar nachgewiesen werden können. Die Möglichkeit einer solchen Bewegung ist aber allerdings gegeben durch die Art und Weise, in welcher die Linse an der ihr angewiesenen Stelle im Auge befestigt ist, und namentlich durch die Wirkung des sogenannten Strahlenbandes, combinirt mit der größeren oder geringeren Anfüllung der Choroidealgefäße, durch welche der Raum im Inneren des Augapfels verengert und erweitert werden kann.

Durch mannichfache Versuche läßt sich zeigen, daß die Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut, bei sonst gleich bleibender Beschaffenheit der übrigen Augentheile, einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Netzhautbilder üben müsse, und daß die Stellung dieser Bilder bei Entfernung oder Näherung der Gegenstände eine sehr verschiedene sei. Der sogenannte Scheiner'sche Versuch, den Jeder leicht anstellen kann, ist in dieser Beziehung wohl einer der einfachsten Fundamentalversuche. Man sticht mit einer nicht zu dicken Stecknadel in ein Kartenblatt zwei Löcher, welche höchstens zwei Millimeter von einander abstehen, und hält nun das Kartenblatt so vor das Auge, daß man durch beide Löcher zugleich mit dem Auge sieht. Betrachtet man nun eine Stecknadel, die man in verschiedene Entfernungen vor- und rückwärts bewegt, so sieht man dieselbe in der normalen Sehweite des Auges, bei etwa 6—10 Zoll Abstand, einfach. In jeder anderen Entfernung, näher und entfernter von dem Auge, wird die Stecknadel doppelt gesehen, und zwar entfernen sich die Doppelbilder um so mehr von einander, je näher oder weiter von dem Auge man die Stecknadel hält. Bringt man dieselbe dem Auge zu nahe und hält man nun das Loch auf der rechten Seite zu, so verschwindet das Doppelbild

auf der linken Seite und umgekehrt; hält man aber die Stecknadel über die Sehweite hinaus und verstopft man nun das Loch auf der rechten Seite, so verschwindet das Doppelbild auf der rechten Seite und nicht auf der linken, wie es bei zu großer Näherung der Fall war.

Die Erklärung dieses Versuches läßt sich bei einigem Nachdenken leicht finden. Die Lichtstrahlen, welche von dem linien- oder punktförmigen Objekte ausgehen, gelangen durch die beiden Löcher des Kartenblattes in das Auge, sie bilden mithin einen Winkel, dessen Spitze in der Stecknadel liegt und dessen Oeffnung von der Entfernung der beiden Löcher von einander abhängt. Durch die Linse werden die Lichtstrahlen nach innen gebrochen, so daß sie sich in einem gewissen Punkte hinter der Linse wieder schneiden müssen. Steht nun die Stecknadel in der richtigen Sehweite, so fällt der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen genau auf die Netzhaut; es entsteht somit auf dieser nur ein einzelnes Bild und es wird demnach auch nur ein einfaches Bild empfunden und gesehen.

Wird hingegen die Stecknadel zu weit von dem Auge entfernt, so wird die Brechung der eintretenden Strahlen so gering, daß sie erst weit hinter der Netzhaut einander schneiden werden: Die Lichtstrahlen treffen demnach auf verschiedene Stellen der Netzhaut und entwerfen dort Bilder, die als verschieden aufgefaßt und empfunden werden. Das Gegentheil findet Statt bei zu großer Näherung; die unter starkem Winkel einfallenden Strahlen werden stark gebrochen und schneiden einander im Inneren des Auges, noch ehe sie zur Netzhaut gelangen, so daß sie auf dieser gekreuzte Bilder entwerfen. Aus dieser Kreuzung im Inneren des Auges erklärt sich dann auch der Umstand, daß bei zu großer Näherung des zu betrachtenden Gegenstandes und beim Zuhalten des eines Loches das Doppelbild der entgegengesetzten Seite verschwindet, während bei übermäßiger Entfernung, wo sich die Strahlen erst hinter der Netzhaut kreuzen würden, das Doppelbild derselben Seite verschwindet.

Dieser einfache Versuch liegt allen denjenigen Einrichtungen zu Grunde, welche man zur Messung der **deutlichen Sehweite** gebraucht. Diese ist ganz einfach durch den Raum begränzt, innerhalb dessen man die Stecknadel einfach und deutlich sieht. Man bezeichnet die Gränzpunkte dieses Raumes, der stets eine gewisse Länge hat, als Nähe- und Fernpunkt der deutlichen Sehweite. Die genauere Bestimmung dieser Entfernung ist nicht nur für den Gebrauch optischer Instrumente, wie z. B. des Fernrohres und Mikroskopes, sehr wichtig, sondern auch von praktischem Werthe, z. B. für die Feststellung der Kurzsichtigkeit bei Rekruten. Zu diesem letzteren Zwecke wird, um Betrug zu vermeiden, der Versuch in etwas abgeänderter Weise innerhalb eines Apparates angestellt, in welchem man das Objekt, ohne daß es der Beobachter merkt, hin und her rücken kann. Bei solchen genaueren Messungen hat sich denn auch ergeben, daß unser Auge wegen der ungleichen Krümmung der brechenden Flächen niemals gleichzeitig für alle einfallenden Lichtstrahlen eingestellt ist, so daß wir die Körper, welche in horizontalen und vertikalen Ebenen gleich weit von dem Auge entfernt sind, nicht mit gleicher Deutlichkeit sehen. Gewöhnlich ist unser Auge für die Strahlen der horizontalen Ebene und zwar für die Ferne eingerichtet, so daß zu der Nahsicht und zum Erblicken der Gegenstände in gleicher Entfernung, aber in der vertikalen Ebene, eine Akkommodation gehört.

Die **Schärfe des Sehens** oder die Fähigkeit des Auges, jeden Punkt eines Gegenstandes als genau begränzt zu unterscheiden, hängt durchaus von der genauen Krümmung der brechenden Flächen ab, wodurch die sämmtlichen Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, auch auf demselben Punkte der Netzhaut wieder gesammelt werden. Da indessen diese Bedingung nicht genau für alle Punkte im Raume hergestellt sein kann, so sehen wir nur von einzelnen Punkten richtig construirte Bilder, von anderen aber mehr oder minder große, aus Zerstreuungskreisen bestehende, verwaschene Bilder. Diese Zerstreuungskreise zeigen sich besonders an den Contouren der Gegenstände, sobald diese

vollkommen innerhalb der Sehweite liegen. Ihre Auffas-
und richtige Darstellung in der Malerei bedingt die Weich-
er Contouren, welche den ausgebildeten Künstler von dem
iger unterscheidet. Gegenstände, deren Ränder besonders
bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten her undeutlich
inen, werden dann deutlicher, wenn man eine feine Oeffnung
as Auge schiebt und so die Zerstreuungskreise aufhebt, die
ers bei stark leuchtenden Körpern in Gestalt von Strahlen-
ln sich darstellen und so die Auffassung der Form wesentlich
. Viele bewerkstelligen dies durch starkes Blinzeln, indem
s Auge bis auf eine geringe Spalte schließen. Bei Augen,
, wie das meinige, für Lichtbüschel außerordentlich empfind-
nd, genügt aber dieses Mittel nicht, und man muß sich dann
geeignetes Zusammendrücken der Fingerspitzen eine solche
Oeffnung herstellen.

Eine sehr wesentliche Bedingung zum deutlichen Sehen ist
die Stellung der Bilder auf der Netzhautfläche selbst.
diejenigen Axenstrahlen, welche den gelben Fleck und dessen
e Umgebung treffen, werden deutlich und genau aufgefaßt,
ß also diejenigen Körper, deren Strahlen nur um zehn
von der Sehaxe abweichen, schon verwaschen, die weiter
chenden kaum mehr gesehen werden. Die meisten Menschen
sich so vollkommen daran gewöhnt, nur die deutlichen, in
lben Fleck fallenden Bilder aufzufassen, die übrigen schwäche-
ber unbeachtet zu lassen, daß der Raum ihres direkten deut-
Sehens nur ein äußerst kleiner ist. Ebenso aber, wie
sich durch Aufmerksamkeit und festen Willen daran gewöhnen
viele Erscheinungen zu sehen, welche der gewöhnlichen Auf-
g entgehen, kann man sich auch daran gewöhnen, diese
schenen und undeutlichen Bilder, welche außerhalb des
 Fleckes und der unmittelbaren Umgebung der Augenaxe
mit größerer Bestimmtheit aufzufassen. Man wird diese
keit z. B. bei Schulmeistern, die eine zahlreiche Klasse böser
en zu beobachten haben, in ausgezeichneter Vollkommenheit
kelt finden.

Es giebt eine Stelle in der Netzhaut, die zwar innerhalb der Gränze der verwaschenen Bilder liegt, welche aber dennoch vollkommen unempfindlich für die Lichtstrahlen ist. Der alte Physiker Mariotte, dem wir die Bestimmung des Gesetzes vom Luftdrucke und dessen Abnahme nach oben verdanken, hatte schon durch Versuche diese Stelle ermittelt. Um sich von der Thatsache zu überzeugen, bedarf es nur zweier Punkte, die man auf einen weißen Bogen in einer horizontalen Entfernung von zwei bis drei Zollen aufträgt. Man fixire von den drei hier in einer horizontalen Linie angebrachten Punkten

● ● ●
a b c

den Punkt a mit dem rechten Auge, während man das linke schließt, so wird man bald nach einigem Suchen und Verändern der Kopfstellung, nach einigem Nähern und Entfernen die richtige Distanz finden, in welcher man den Punkt c nicht mehr sieht. Bei normalsichtigen Menschen wird dies Verschwinden des Punktes c etwa in einer Entfernung von 8 Zollen und besonders dann eintreten, wenn sie etwas links über den Punkt a fixiren. Rückt man nun das Papier näher, so wird der Punkt c wieder sichtbar, während dagegen der Punkt b vollkommen verschwindet. Genauere Bestimmung lehrt nun, daß der von dem verschwindenden Punkte ausgehende Lichtstrahl mit der Sehaxe einen Winkel von 13—17 Graden machen muß, wenn er nicht empfunden werden soll, und daß die Verlängerung des Lichtstrahles genau auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt. Diese Stelle befindet sich etwa 1,8 Pariser Linien von der Sehaxe nach innen, und die ganze blinde Stelle hat im Auge selbst nicht ganz den Durchmesser einer Pariser Linie und eine rundliche Gestalt. Ueberträgt man dies nach Außen, so findet man, daß die absolut dunkle Stelle in unserem Sehfelde etwa sechs Grade, d. h. einen Platz einnimmt, auf dem etwa eilf einander berührende Vollmonde Raum haben würden. Wie ist es möglich, wird der Leser fragen, daß ein dunkler Fleck von solcher Größe bei unserem gewöhnlichen Sehen gänzlich unserer Auffassung entgeht,

während er doch, wenn wir den Himmel betrachten, uns als ein rundliches Loch in dem blauen Gewölbe erscheinen müßte? — Drei verschiedene Umstände verhindern diese Auffassung des unempfindlichen, blinden Fleckes im Sehfelde. Wir sind gewöhnt, die verschwommenen, außerhalb der Sehaxe liegenden Bilder nur dann aufzufassen, wenn sie etwas Außerordentliches darbieten, eine auffallende Lichtstärke, eine schnelle Bewegung, eine ungewöhnliche Form. Alle diese Charaktere fehlen dem blinden Flecken — das Fehlen der Objekte in diesem Raume, von deren Dasein wir uns durch eine veränderte Augenstellung überzeugen, wird von uns unserem Mangel an Aufmerksamkeit zugeschrieben. — Beim Sehen mit beiden Augen fallen die Lichtstrahlen, welche in dem einen Auge den blinden Fleck treffen, im anderen auf eine empfindliche identische Stelle und werden, wie wir im Folgenden sehen werden, deshalb bei der Combination beider Augenbildchen zu einer Empfindung als von beiden Augen gesehen aufgefaßt. — Endlich aber ergänzt unser Bewußtsein die an der blinden Stelle fehlende Empfindung durch die Empfindung der Nachbartheile — es überzieht den blinden Fleck mit den benachbarten Bildern. Deshalb erscheint uns das Loch im Himmel nicht schwarz — unser Bewußtsein streicht ihn mit der umgebenden blauen Himmelsfarbe an. Macht man einen schwarzen Fleck, so groß als der blinde Fleck nach Außen übertragen sein würde, auf ein weißes Papier, so erscheint der Fleck weiß — zieht man eine Linie, die dem blinden Fleck entsprechend unterbrochen ist, so erscheint uns die Linie als ununterbrochen, weil das Bewußtsein ihre Fortsetzung über die unempfindliche Stelle hinaus ergänzt. Wir sehen, wie einer der bewährtesten Forscher sich ausdrückt, den Zusammenhang der Dinge, die in die nicht sichtbare Region des Sehfeldes hineinragen; überhaupt so, wie er am einfachsten und wahrscheinlichsten ist, und es ist dies ein neuer Beweis zu der Erfahrung, daß Vorstellungen, zu denen wir durch Schlüsse, die wir aus unseren Empfindungen ziehen, veranlaßt werden, so mit den Empfindungen selbst verschmelzen

können, daß wir sie nicht mehr zu unterscheiden wissen und das wirklich zu empfinden glauben, was wir uns nur vorstellen.

Wir haben in dem Vorhergehenden das Sehen in einer Weise abgehandelt, als wenn es sich nur auf ein einziges Auge bezöge; zwei Augen zu besitzen ist indeß durchaus kein Luxus, und die Natur hat Vorrichtungen getroffen, welche dahin zielen, diese beiden Instrumente in steter Uebereinstimmung zu erhalten. Wir besitzen zwei Augen und sehen dennoch nur einfach; es fragt sich: wie es komme, daß die beiden, auf unseren Netzhäuten entworfenen Bilder nur als ein einziges aufgefaßt werden? Man hat durch Versuche gefunden, daß alle Bilder einfach empfunden werden, sobald sie in beiden Augen so auf den Netzhäuten sich darstellen, daß sie in gleicher Entfernung von der Sehaxe auf entgegengesetzte Seiten fallen. Ein Gegenstand, dessen Bild im linken Auge eine Linie weit nach außen von dem Ende der Sehaxe (dem gelben Flecken) sich entwirft, wird nur dann einfach gesehen, wenn sein Bild in dem rechten Auge eine Linie weit nach innen sich spiegelt. Man nennt diese Punkte die identischen Punkte der Netzhaut, und alle diejenigen Punkte der beiden Netzhäute sind identisch, die einander decken würden, wenn man die Augen beider Seiten nach der Mittellinie hin übereinander schieben würde. Die innere Seite des einen Auges würde dann die äußere decken, während die beiden Axen dieselben sein würden.

Bei dem gewöhnlichen Sehen richten wir indeß stets unsere Augen so, daß ihre Axen in demjenigen Punkt convergiren, welchen man genauer fixiren will, und es läßt sich leicht durch den einfachsten Versuch beweisen, daß diese Convergenz der beiden Augenaxen wirklich bei dem Fixiren irgend eines Gegenstandes eintritt. Heftet man den Blick auf das Kreuz eines Fensters, hinter welchem in der Ferne ein Thurm steht, so erscheint das Kreuz einfach, der Thurm doppelt, und hält man nun noch den Finger in einiger Entfernung gerade vor die Nase, so erscheint auch dieser doppelt. Schließt man nun das rechte Auge, so verschwindet das Doppelbild des Fingers auf der linken Seite und das Doppelbild des Thurmes auf der rechten

e, ein Beweis, daß eine wirkliche Kreuzung der Sehaxen
tt findet.

Die Convergenz der beiden Sehaxen wird uns gewöhnlich
rch bewußt, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes
ihr abschätzen. Je näher ein Punkt unseren Augen liegt,
stärker müssen wir die Augenaxen gegen einander richten,
sie auf diesem Punkte sich schneiden zu lassen. Je entfernter
Punkt, desto mehr wird die Richtung der Augenaxen dem
allelismus sich nähern. Außer der Abstraktion, die wir von
Kenntniß der Größe der Gegenstände und ihrer Abnahme
r einem gewissen Gesichtswinkel entnehmen, ist sicherlich diese
ssermaßen bewußte Auffassung der Convergenz der Augen-
eines der wesentlichsten Mittel zur Beurtheilung der Ent-
ung der Gegenstände. Wir sind in der That weit unsicherer
iefer Schätzung, wenn wir nur mit einem Auge einen unbe-
ten Körper sehen; — da es uns aber gelingt, auch hier ein
iges Urtheil uns zu bilden, so muß diese Schätzung noch
weiteren Umständen abhängen. Schon oben erwähnten wir,
bei bekannten Körpern uns die Größe des Sehwinkels,
r welchem wir den Körper sehen, den Maßstab zur Schätzung
Entfernung abgiebt. Außer dem aber haben wir gewiß
so, wie von der Convergenz der Augenaxen, so auch von
Ausübung des Akkommodationsvermögens im Auge eine be-
te Vorstellung, die sich als Auffassung der Entfernung aus-
t. Endlich helfen wir uns noch durch Beobachtung der
stärke und der Farbe, die freilich äußerst trügerisch sind, bei
nnten Gegenständen aber einen ziemlichen Grad von Sicher-
erreicht. Stärker leuchtende Gegenstände erscheinen uns
r, schwächer leuchtende entfernter. Wird das Medium, durch
hes wir bekannte Gegenstände sehen, undurchsichtiger, so
einen uns diese ferner. Jedermann weiß aus täglicher
hrung, daß nahe Gegenstände beim Nebel in scheinbar weit
erer Entfernung sich zeigen. Die Anwohner von Bergketten
tzen die Durchsichtigkeit der Luft als Barometer. „Die
ge scheinen nahe, es wird bald Regen geben“, hört man oft

in Bern oder ähnlichen Orten auf die Frage nach dem Wetter antworten.

Ein ähnliches Zusammenwirken verschiedener Reflexionen findet bei der Beurtheilung der Körperlichkeit eines Gegenstandes Statt. Gewöhnlich folgt diese daraus, daß man zur Auffassung der verschiedenen Flächen auch verschiedener Einstellungen der beiden Augen bedarf und die abweichenden Bilder zu einem Ganzen combinirt. Hierauf beruht die Einrichtung der sogenannten Stereoskope, in welchen man vor jedes Auge das gesonderte Bild eines Körpers bringt, das perspektivisch für dieses Auge entworfen ist, und wo dann durch das Zusammenfallen der beiden Bilder diese als ein einziger körperlicher Gegenstand aufgefaßt werden. Sieht man z. B. einen Kegel, dessen Spitze beim Anblicken mit beiden Augen gerade auf uns zugerichtet scheint, bei unverrückter Kopfstellung nur mit einem Auge an, so erscheint uns seine Spitze nach innen gegen die Nase gerichtet; entwirft man sich nun zwei perspektivische Bilder dieses Kegels für beide Augen, so wird in dem für das linke Auge berechneten Bilde die Spitze nach rechts, in dem für das rechte Auge gezeichneten nach links gerichtet erscheinen; — bringt man nun diese Bilder in der richtigen Sehweite in einem Kasten z. B. an, wo durch eine mittlere Scheidewand jedes Auge das ihm zugehörige Bild abgesondert sieht, so werden beide Bilder gemeinschaftlich als ein körperliches aufgefaßt. Der Eindruck des Körperlichen kann aber auch beim Sehen mit nur einem Auge durch eine Reihenfolge schneller Blicke erzeugt werden, welche die verschiedenen Flächen auffassen und die gesonderten Eindrücke als ein Ganzes erscheinen lassen. Endlich erscheint aber auch der Eindruck des Körperlichen bei der unmeßbar kurzen Beleuchtung durch den elektrischen Funken, den Blitz, bei welcher eine Wiederholung mehrerer Blicke nicht Statt finden kann.

Die Kreislinie hat die Eigenschaft, daß alle möglichen Dreiecke, welche eine gemeinschaftliche Sehne des Kreises zur Basis haben und deren Spitze in der Peripherie liegt, auch

gleiche Winkel an der Peripherie haben. Bei der Einstellung beider Sehaxen auf einen gewissen Punkt aber bilden die beiden Sehaxen die Schenkel eines Dreieckes, dessen Basis durch die Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen bestimmt ist und dessen Spitze eben in dem Schneidepunkte der Sehaxen liegt. Nimmt man nun diese Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen als die Sehne eines Kreises, dessen Peripherie noch ferner durch den Schneidepunkt der Sehaxen bestimmt ist, so müssen alle Dreiecke, welche man innerhalb dieses Kreises auf der gegebenen Sehne construirt, an der Spitze gleiche Winkel haben, folglich ihre Schenkel unter gleichen Winkeln in die Augen einfallen und an identischen Netzhautstellen gebrochen werden. Man nennt diesen Kreis, welcher durch die Kreuzungspunkte beider Augen und den Schneidepunkt der Augenaxen gelegt ist, den Horopter oder Sehkreis, und es geht aus dem angeführten geometrischen Gesetze hervor, daß alle an der Peripherie des Horopter gelegenen Gegenstände einfach gesehen werden, während die innerhalb sowohl als außerhalb gelegenen Objekte Doppelbilder erzeugen, weil ihre Bilder auf differente Netzhautstellen fallen. Sobald die Sehaxen einander in keinem Punkte schneiden, kann auch kein Horopter geometrisch construirt und folglich kein einfaches Bild erzeugt werden; wir wissen in der That, daß beim Hinstarren auf einen Gegenstand, wo wir die Augenaxen allmählich parallel mit einander stellen, alle Gegenstände doppelt gesehen werden.

Zu scharfem, deutlichem Einfachsehen mit beiden Augen gehört demnach nothwendig die vollkommene Beweglichkeit der beiden Augäpfel, wodurch die Sehaxen mit gleicher Leichtigkeit nach demselben Punkte gerichtet werden können. Bei verschiedener Schärfe beider Augen gewöhnt man sich indeß sehr leicht, nur das bessere Auge zu gebrauchen und das schwächere gar nicht auf den Gegenstand einzustellen; hierauf, so wie auf manchen anderen krankhaften Verhältnissen, beruht sehr oft das Schielen. Es würde zu weit führen, hier auf die ursächlichen Bedingungen der abnormen Augenstellungen, welche man unter

diesem Ausdrucke begreift, einzugehen; — es ist leicht einzu
sehen, welchen Nachtheil eine solche krankhafte Stellung der Au
gen, wobei beide Augenaxen nicht auf denselben Punkt ein
gestellt sind, auf den Sehprozeß im Allgemeinen ausüben müsse

Jedes auf der Netzhaut erzeugte Bild bedarf einer gewisse
Zeit, während welcher es empfunden wird; die Dauer, so kur
sie auch sein mag, läßt sich durch mechanische Verrichtungen b
stimmen. Jeder weiß, daß eine glühende Kohle, die man m
großer Geschwindigkeit im Kreise schwingt, nicht als rund
Körper, sondern als glühender Kreis erscheint. Jedenfalls en
stehen eben so viele Netzhautbildchen bei dem Umschwunge, a
die Kohle Punkte im Raume berührt; die Kohle hat aber ihr
Umschwung vollendet und ein letztes Netzhautbildchen erzeug
ehe die Empfindung des ersten noch verschwunden ist, und so e
scheint sie als feuriger, zusammenhängender Kreis. Eine Men
niedlicher Spielwerkzeuge beruhen auf dieser Dauer des Ne
hautbildchens. Man malt auf eine Scheibe, die man sch
drehen kann, z. B. einen Seiltänzer in zwölf verschieden
Stellungen. Auf dem ersten Bildchen steht er aufrecht, i
zweiten erscheint er etwas über dem Seile, im dritten höhe
im vierten noch höher, und so fort bis zum letzten, so daß al
verschiedenen Bilder die einzelnen, im Sprunge und Tanze a
dem Seile ausgeführten Bewegungen in rhythmischer Reihen
folge darstellen. Dreht man nun schnell die Scheibe, so schei
der Seiltänzer in lebhafter Tanz- und Sprungbewegung, we
jedes neue Bildchen erscheint, ehe der Eindruck des alten ve
schwunden war, und so die Verschmelzung der Bilder den Ge
sammteindruck der Bewegung hervorruft. Durch Bestimmun
der Drehungsgeschwindigkeit solcher Apparate hat man berechne
daß die Dauer eines Netzhautbildchens etwa 2—3 Tertien be
trage, mithin jeder Eindruck, der sich innerhalb dieser Zeit wie
derholt, als mit dem vorigen verschmolzen empfunden wird.

Unser Auge ist ein vollkommen achromatisches Werkzeug
d. h. es sieht die Gegenstände in den Farben, welche ihnen zu
gehören. Indeß kommen nicht selten Menschen vor, welche ein

Farben nicht unterscheiden können und der bekannte Phy- Dalton namentlich war in diesem Falle. Das Grün eines Baumes, welcher in frischem Blätterschmucke des Frühlinges gte, schien ihm genau dieselbe Farbe, wie der rothe Uni- rock eines englischen Offiziers. Meistens indeß findet sich Unmöglichkeit der Farbenunterscheidung nur bei schwächerem de der Färbung, und viele Menschen sind unfähig, solche de zu unterscheiden, ohne sich dessen bewußt zu werden. r meiner Freunde lernte seinen Fehler erst durch die Frage r Frau kennen, welcher er während einer Abwesenheit stets rosenrothem Papier geschrieben hatte. Er stand in dem n Glauben, weißes Papier benutzt zu haben, während die in die Wahl der Farbe als eine zarte symbolische Anspielung chtete. Am leichtesten werden die Nuancen des Gelb unter- den, am schwierigsten die des Roth und des Grün, und bei Verwechseln der Farben, welches seltener vorkommt als die gelhafte Auffassung des Grades und der Nuance, sind es falls Roth und seine Mischungen, welche am leichtesten der assung entgehen. So giebt es viele Personen, die Ziegel- Rostbraun und Dunkelolivengrün nicht zu unterscheiden ögen, andere Rosenroth, Lila, Violettgrau und Himmelblau, bei genauerer Untersuchung findet man, daß im Durch- tte der zehnte bis zwanzigste Mensch an diesem Fehler des gelhaften Farbensehens leidet.

Das Verhalten unseres Auges zu den Farben der Körper zu den vielfältigsten Untersuchungen Veranlassung gegeben, großentheils nicht ohne Gefahr für das Auge selbst sind. nntlich besteht das weiße Licht aus einer Anzahl verschie- r Strahlen, die durch das Prisma von einander getrennt isolirt aufgefaßt werden können. Die verschieden gefärbten llen dieser Regenbogenfarben hängen von Wellenschwingun- des Lichtäthers ab, die von verschiedener Länge sind. Der e Strahl hat die längsten, der violette die kürzesten Wellen. einzelnen Nuancen werden durch Mischungen dieser Grund-

farben hervorgebracht und die Zusammenmischung aller giebt wieder das weiße ungefärbte Licht.

Man glaubte nun bisher, daß die Mischfarben, welche aus der Vermengung verschiedener Farbestoffe entstehen, denselben Gesetze folgen, wie die Mischung der gefärbten Lichtstrahlen selber. Für den Maler existiren nur drei Grundfarben: Gelb, Blau und Roth. Die Mischung dieser drei in verschiedenem Verhältniß erzeugt alle Farben vom tiefsten Schwarz durch sämmtliche Töne hindurch. Blau und Gelb bildet Grün; Grün mit Roth Braun u. s. w. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die Mischfarbe, welche wir bei dem Mengen zweier Farbestoffe erblicken, nicht von der Vermischung zweier verschiedener Farbestrahlen abhängt, sondern von der Durchlassung gefärbter Strahlen durch das Gemenge. Die Mischung der Farbestrahlen des Prisma's, die man auch durch den sogenannten Farbenkreisel erzeugen kann (eine Scheibe, auf die man verschiedene Farben aufträgt und die hernach in so schnellem Schwunge herumgedreht wird, daß die Eindrücke dieser Farben sich mischen); diese Mischung liefert das Resultat, daß man fünf Grundfarben: Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett, annehmen muß, und daß die Mengung dieser Farbestrahlen ganz andere Töne giebt, als die Mengung der Farbestoffe. Jeder, der sich ein bischen mit Malerei beschäftigt hat, wird sogleich sehen, wie außerordentlich verschieden die nachstehenden Mischungstabellen sind:

Farben		Mischung prismatischer Farbenstrahlen	Mischung von Farbestoffen bei der Malerei.
Roth und Violett	giebt	Purpur	Purpur
Roth und Blau	"	Rosa	Violett
Roth und Grün	"	Mattgelb	Grau
Roth und Gelb	"	Orange	Orange
Grün und Blau	"	Blaugrün	Blaugrün
Gelb und Violett	"	Rosa	Grau
Gelb und Blau	"	Weiß	Grün
Gelb und Grün	"	Gelbgrün	Gelbgrün
Grün und Violett	"	Blaßblau	Grau
Blau und Violett	"	Indigoblau	Dunkelviolett

und Blau giebt hier Weiß, bei Mischung der Farbe-
egen Grün. Die Erklärung für diesen Unterschied
f dem Durchlassen des Lichtes. Blaue Körper lassen
violettes und blaues Licht durch; gelbe Körper dagegen
grünes, rothes und gelbes Licht durchgänglich. In dem
Farbestoffe wird das rothe und gelbe Licht von den
rbetheilchen, das blaue und violette dagegen von den
rbetheilchen zurückgehalten, und nur die grünen Farbe-
ehen ungehindert durch beide. Man könnte also wohl
ıß bei der Mischung von Farbestrahlen eine direkte
Lischfarbe erzeugt wird, bei der Mischung von Farbe-
gegen eine indirekte negative, bedingt durch die Aus-
der anders gefärbten Strahlen.

besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Far-
n die Nebeneinanderstellung derselben in der Art, daß
t gefärbte Lichtstrahlen gleichzeitig verschiedene Orte
ut berühren, wodurch Empfindungen und Auffassun-
gt werden, welche durchaus verschieden sind von
ie jeder dieser Lichtstrahlen erzeugt haben würde,
zu verschiedenen Zeiten die Netzhaut getroffen hätte.
, welcher dem Maler beim Beginnen eines Bildes
begreift oft nicht, wie dieser einen Farbenton für
timmten Gegenstand wählen könne, der mit seiner
z der Farbe in direktem Widerspruche steht. Erst wenn
fertig und die anderen Farben durch ihren Contrast
t hervorgehoben haben, sieht er, daß dieser der richtige
r Hervorbringung dieser Wirkungen gehören indeß
i, zum Theil noch unerforschte Bedingungen. Das
ıt nimmt nur dann Nebenfarben oder sogenannte Er-
arben an, wenn die Farbestrahlen selbst noch mit
ichte gemischt und das Weiß ebenfalls gedämpft ist.
sen Bedingungen sieht man folgende Ergänzungsfarben:
Licht erscheint Grün, wenn gleichzeitig Roth auffällt
" " Violett " " Gelb "
" " Blau " " Orange "

und umgekehrt, es erscheinen die weiß erleuchteten Stellen Roth, Gelb, Orange, wenn andere Orte desselben Auges gleichzeitig von Grün, Violett, Blau getroffen werden. Da aber bei unseren Farbenmischungen niemals rein weißes Licht angewandt wird und wir stets nur verschieden gefärbte Strahlen zusammen auffassen, so verwickelt sich die Untersuchung weit mehr, und man kann im Allgemeinen nur den Satz aufstellen: daß die schwächere Farbe, je näher sie dem Weiß steht, um so mehr mit dem Ergänzungstone der stärkeren Farbe sich mischt, so daß also z. B. ein helles Rosa neben einem tiefen Roth eine grünlich-graue Tinte annimmt. Trotz vielfacher Untersuchungen hängt hier noch Alles von gewissen praktischen Regeln und von dem ästhetischen Farbensinne nicht nur der Individuen, sondern auch ganzer Volksstämme ab, die in dieser Beziehung mancherlei bemerkenswerthe Verschiedenheiten bieten.

Der Eindruck, den eine lebhafte Farbe auf die Netzhaut macht, verliert sich nach und nach durch eine Reihe von Nachbildern, die in bestimmten, vielleicht nach den einzelnen Individuen verschiedenen Farbenreihen abklingen, und die um so stärker sind, je stärker und länger andauernd der Eindruck war. Zuerst erscheinen diese Nachbilder in den Ergänzungsfarben, später klingen sie unmerklich ab, so daß man nur bei speziell gesteigerter Aufmerksamkeit sie verfolgen kann. Betrachtet man einen hellrothen oder hellgelben Gegenstand lange auf weißem Grunde, bis das Auge ermüdet, und blickt man weg, so erscheint das Ergänzungsbild in grüner oder blauer Farbe. Man hat diese Reaktion der Netzhaut zu mancherlei Spielwerken benutzt, indem man namentlich Portraits mit den Ergänzungsfarben schreiend anmalt, das Gesicht grünlich, den Rock roth, u. s. w. Starrt man solche Bilder längere Zeit an und wirft dann den Blick gegen die Decke des Zimmers, so sieht man das Nachbild des Portraits in seinen natürlichen Farben, welche die complementären der bizarren Färbung sind.

Auf eine besondere Reihe von Erscheinungen, die mehr oder minder fast in jedem Auge vorkommen, verdient hier noch

besonders aufmerksam gemacht zu werden. Es versteht sich wohl von selbst, daß nicht nur von den äußeren Objekten, sondern auch von den im Auge selbst befindlichen Gegenständen Bilder auf der Netzhaut entworfen und empfunden werden, die freilich meist undeutlich und vage sein müssen, da die Gegenstände nicht in gehöriger Sehweite liegen. Sind die verschiedenen vor der Netzhaut gelegenen Theile, welche Lichtstrahlen durchlassen können, vollkommen durchsichtig und wasserklar, so können sie keine Bilder entstehen lassen, während jeder trübe oder undurchsichtige Körper sogleich muß wahrgenommen werden. Die meisten Leute haben kleine Unvollkommenheiten in den durchsichtigen Medien des Auges, welche beim aufmerksamen Schauen in den Himmel oder beim Spähen durch Mikroskope und Fernröhre sich störend in die Sehaxen stellen, meist durch einen Ruck entfernt werden können, zuweilen aber selbst sehr lästig für das Sehen werden. Es stellen sich diese Körper in Gestalt von Perlschnüren, Rosenkränzen, geschlängelten Fäden dar, die stets in derselben Form wieder erscheinen und besonders bei Reizung und beginnender Ermüdung der Netzhäute sehr deutlich in das Gesichtsfeld treten. Wohl alle Mikroskopiker, deren Bekanntschaft ich gemacht, besaßen eine solche Figur, auf welche die Beschäftigung aufmerksam gemacht hat; ich selbst besitze eine solche in Form eines fliegenden Drachen, wie man deren als Spielwerk in die Höhe steigen läßt, und ich erinnere mich, schon in meiner frühesten Jugend auf diese Figur aufmerksam geworden zu sein, die mich damals sehr quälte, da ich sie mit allerlei kindlichen Vorstellungen über den Teufel in Zusammenhang brachte.

Nicht zu verwechseln mit solchen Figuren sind die wirklichen subjektiven Gesichtsphänomene, welche von Reizungen und partiellen Lähmungen der Netzhäute und Sehnerven ausgehen. Der Sehnerve reagirt auf jeden Reiz durch Empfindung seines spezifischen Gebietes, durch Lichtempfindung; was für den Gefühlsnerven der Schmerz ist, das ist für den Sehnerven das Licht, und so wird es begreiflich, daß bei beginnenden Krankheiten der Sehnerven und der Netzhäute, bei großer Reizung derselben

allerlei sonderbare Lichtphantome erscheinen, glänzende Punkte, dunkle Stellen, sogenannte fliegende Mücken, welche meist Vorläufer gänzlicher Lähmungen, des schwarzen Staares sind. Schon Mancher, der kleine Trübungen auf der Hornhaut, in der Linse, im Glaskörper besaß, die ihn nur einigermaßen genirten, aber nicht sehr im Sehen hinderten, hat ein gequältes Leben zugebracht, weil er die Bilder, die auf diese Weise erzeugt wurden, für fliegende Mücken und Vorboten des schwarzen Staares und völliger Blindheit ansah, während eine genauere Kenntniß der Gesetze des Sehens ihn leicht über die Unvollkommenheit seiner Augen getröstet haben würde.

Fünfzehnter Brief.

Die übrigen Sinne.

Wenn die Mechanik des Auges eben so klar und offen un=
ern wissenschaftlichen Streben vorliegt, als das Organ selbst
dem Kopfe sich zeigt, so theilt das Gehörorgan mit seiner
en versteckten Lage auch die Verborgenheit seiner Funktionen.
r wissen, daß wir mit den Ohren hören; — auf welche
ise aber das Hören zu Stande komme, ist bei weitem noch
t klar, und die vielfachsten Versuche zur Erklärung dieser wich=
n Funktion haben theils an der Unvollkommenheit der Aku=
theils auch an der Mangelhaftigkeit unserer anatomischen
ntnisse unübersteigliche Hindernisse gefunden. Der größte
wichtigste Theil des Gehörorganes ist in starre Knochen
eschlossen; tief verborgen wie es ist in der Basis des Schä=
entzieht es sich allen unmittelbaren Beobachtungen während
Lebens. Während wir die Bewegungen, die Veränderungen
inneren Auges, den Gang der Lichtstrahlen in demselben
t im Leben oder in dem herausgenommenen Auge beobachten
en, während unsere Instrumente überall Zugang finden,
es bei dem Ohre unmöglich, durch Vivisektionen sich Aus=
t über die Funktion der einzelnen Theile zu verschaffen, da
zu solchen Untersuchungen nothwendigen Eingriffe so bedeu=
sind, daß es unmöglich ist, reine Schlüsse aus den Resul=
n zu ziehen.



Fig. 23. Die Gebilde des Gehörorganes in vergrößertem Maßst
Das äußere Ohr führt in den Gehörgang a, der mit dem scheibenförmi
Trommelfelle endet. Die Paukenhöhle ist aufgeschnitten, um die in
enthaltenen Theile zu sehen. Aus ihr führt die Eustachische Trompe
in die Rachenhöhle. Die Gehörknöchelchen sind in ihrer Lage. Auf
Ambose c ist der Kopf des Hammers d eingelenkt, dessen langer Stie
das Trommelfell eingelassen ist. Der Steigbügel f steht in dem eirun
Fenster des Vorhofes, über welchem die drei halbzirkelförmigen Kanäle
erheben. Das runde Fenster o führt in die Schnecke, hinter welcher
Hörnerve n zu dem Labyrinthe tritt. Die Proportionen zwischen äuße
und innerem Ohr sind zu Gunsten des letzteren übertrieben.

Das äußere Ohr bildet einen eigenthümlich gewunder
knorpeligen Halbtrichter, in dessen Mitte sich der Eingang ei
Röhre, des Gehörganges, befindet, welche quer nach in
in den Kopf hineinführt. An seinem inneren Ende ist

rgang vollkommen durch eine elastische, quergespannte Haut, sogenannte Trommelfell, geschlossen. Eine rohe Nach-
ng des ganzen äußeren Ohres, Ohrmuschel, Gehörgang und
nmelfell, würde also etwa in der Art auszuführen sein, daß
die Röhre eines gewöhnlichen Blechtrichters an seinem un-
Ende mit einem Stückchen Blase verbände. Offenbar ist
ganze äußere Ohr nur ein Zuleitungsapparat der Schall-
n. Man hat gefunden, daß der Winkel, unter welchem die
chel vom Schädel absteht, ziemlichen Einfluß auf das Hören
daß platt anliegende Ohren nicht so scharf hören, als solche,
e etwa um 30 oder 40 Grad von den Schädelknochen ab-
1. Verstopfung des äußeren Gehörganges durch fremde
er, zu große Anhäufung des Ohrenschmalzes, Unreinlichkeit
Verminderung des Hörens, oft selbst fast völlige Taubheit
sich.

Das Trommelfell, welches nach Außen etwas convex, nach
n concav ist, scheidet den äußeren Gehörgang von einer
en Höhle, der Paukenhöhle, ab, welche im Ganzen be-
tet ähnliche Verhältnisse darbietet, wie der äußere Gehör-
. Es ist ein im Knochen ausgehöhlter, rundlicher Raum,
urch eine ziemlich lange Röhre, die Eustachische Trom-
genannt, sich in dem oberen Theile der Rachenhöhle, hinter
Nasenöffnungen, am hinteren Gaumen öffnet. Führt man
eigenthümlich gekrümmte Sonde in die Nase ein und hori-
l weiter, bis man hinten an der Wölbung des Rachens
ßt, so trifft man leicht bei einiger Uebung in die offene
dung der Eustachischen Trompete, deren enger Kanal schief
außen und oben in die Paukenhöhle oder Trommelhöhle ein-
. Diese ist demnach kein durchaus geschlossener Raum, son-
mittelbar, durch Mund und Nase, mit der äußeren Luft in
indung gesetzt. Verstopfungen der Trompeten durch Ent-
ngen und andere krankhafte Veränderungen erscheinen von
ntlichem Einflusse auf das Gehör, welches dadurch dumpfer
schwächer wird; in welcher bestimmten Beziehung sie aber
en Funktionen des Hörens stehen, ist noch nicht hinlänglich

[illegible] als seien die Eustachi[illegible] Hauptapparate und [illegible] Trommelhöhle befindli[illegible] des Trommelfelles. Bei st[illegible] einer Kanone z. B., [illegible] in der Absicht, um [illegible] das Trommelfell be[illegible] erleiden würde, [illegible] Seite herzuführen [illegible] zu suchen.

Mit der Trommelhöhle in offener Communik[illegible] Knochen befindliche Zelle [illegible] des Schläfenbeines auf [illegible] Trommelhöhle, mit Ausnahme der [illegible] unabhängig von [illegible]. So wie sie von dem ä[illegible] durch eine straffe Haut, das Trommel[illegible] Trommelfelle gegenüber, [illegible] ebenfalls nur durch fe[illegible] Oeffnungen, deren eine, von eiförmiger [illegible] ovale Fenster genannt, in einen bedeut[illegible] des inneren Ohres, den Vorhof, führt, während [illegible] kleinere Oeffnung, oder das runde Fenster, zur Schnecke [illegible].

Eine merkwürdige Kette kleiner Knöchelchen, de[illegible] Knöchelchen, ist zwischen dem Trommelfelle einerseit[illegible] ovalen Fenster andererseits durch die ganze Länge der [illegible] höhle durchgespannt. Das vorderste dieser Knöch[illegible] Hammer, steckt mit seinem Stiele mitten in der M[illegible] Trommelfelles, so daß dieses nicht im Mindesten ersch[illegible] den kann, ohne daß der Hammer ebenfalls in Schw[illegible] riethe; mit seinem hinteren Ende, dem dickeren Ko[illegible] Hammer an ein zweites, kleineres Knöchelchen einge[illegible] ches der Ambos heißt und etwa in Form eines B[illegible] mit weit auseinander stehenden Wurzeln hat. Die

Wurzeln liegt horizontal, an ihrem Ende befindet sich ein kleines ses Knöpfchen, das *Linsenknöchelchen*, welches zwischen den Ambos und den Kopf des letzten Knochens, des *Steigbügels*, eingeschoben ist. Der letzte Name ist gewiß der glücklichst gewählte von allen Bezeichnungen der Ohrknöchelchen; der Steigbügel hat in der That durchaus die Form, wie sie in Europa gebräuchlich ist. Der Knopf des Steigbügels ist mit dem Linsenknöchelchen und durch dieses mit dem Ambos eingelenkt, der Tritt, worauf der Fuß zu stehen kommen würde, ist ebenso in die Membran des eirunden Fensters eingewoben, wie der Hammerstiel in dem Trommelfelle sitzt. Es ist mithin quer durch die Trommelhöhle eine Reihe von beweglich in einander eingelenkter Knöchelchen ausgespannt, mittelst welcher eine direkte Verbindung des Trommelfelles und des ovalen Fensters hergestellt ist; eine Verbindung, welche, wie wir später sehen werden, von der höchsten Wichtigkeit für das Hören selbst ist. Verschiedene kleine Muskelchen gehen von den Knochenwänden der Paukenhöhle an diese beweglichen Knöchelchen, besonders an Hammer und Steigbügel heran, und können ohne Zweifel durch ihre Contraktion die verschiedenen Häute spannen, mit welchen die Knöchelchen in Verbindung stehen.

Das innere Ohr endlich oder das *Labyrinth* bildet eine nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Höhle, die von den härtesten Knochen des Kopfes, den Felsenbeinen, eingeschlossen wird und mancherlei seltsam gewundene Kanäle darbietet. Höhle und Kanäle sind von schleimigen Häuten ausgekleidet, welche geschlossene Säcke bilden und mit Flüssigkeit erfüllt sind. Als einzelne Theile unterscheidet man daran den *Vorhof*, eine längliche Höhle, in welche alle übrigen Theile des inneren Gehörorganes einmünden, drei Kanäle in Kreisform, die *halbzirkelförmigen Kanäle*, welche wie gekrümmte Röhren mit ihren beiden Enden in den Vorhof einmünden, und endlich ein sonderbar gewundenes Organ, die *Schnecke*, welche vollkommen einer aufgewundenen Schneckenschale gleicht, in deren Innerem noch ein Blatt liegt, welches die gewundene Höhle in zwei Abthei-

lungen theilt. Ein weiteres Eingehen auf die feinere Struktur aller dieser Theile und besonders der höchst complicirt gebauten Schnecke würde hier um so weniger am Platze sein, als die Beziehung der einzelnen Theile zu dem Gehör selbst durchaus noch nicht erörtert werden konnte.

Das Verhalten der Gehörorgane in der Thierreihe kann schon gewisser Maßen einen Maßstab für die verhältnißmäßige Wichtigkeit der einzelnen Theile desselben abgeben. Zuerst verschwindet die Ohrmuschel, dann der Gehörgang, so daß das Trommelfell nackt und frei auf der äußeren Haut liegt. Bei den Vögeln fehlt schon das äußere Ohr. Dann verschwindet in der Reihe der Reptilien und Amphibien das mittlere Ohr nach und nach. Paukenhöhle und Eustachische Trompete und Gehörknöchelchen, und man muß bei den Fischen das innere Gehörorgan tief in den Kopfknochen versteckt aufsuchen. Die Verkümmerung und Abnahme der Schnecke hält mit derjenigen der Paukenhöhle gleichen Schritt, zuletzt nehmen die halbzirkelförmigen Kanäle einer nach dem andern ab und verschwinden, bis von dem ganzen Gehörorgan nur noch ein einfaches Bläschen, der reducirte Vorhof, übrig bleibt, zu welchem der Hörnerve tritt.

So wie am Auge durch die verschiedenen brechenden Medien desselben, Hornhaut, Linse und Glaskörper, ein Zuleitungsapparat hergestellt ist, durch welchen die Lichtstrahlen erst dem eigentlich empfindenden Apparate, der Netzhaut, zugeleitet werden, so sind auch in dem Gehörorgane äußeres Ohr und Paukenhöhle nur Leitungs- und Verstärkungsapparate der Schallwellen, welche dem Hörnerven zugeführt und von diesem empfunden werden. Es können im Gehörorgan demnach nur diejenigen Theile wirklich schallempfindend sein, auf welchen der Hörnerve sich verzweigt, nämlich die innerste Membran des Vorhofes und das Spiralblatt, welches in der Schnecke sich befindet. Die Bogengänge des Labyrinthes erhalten durchaus keine Nervenfasern; diese gehen nicht weiter als an die blasenartigen Enden, womit die Bogengänge am Vorhofe beginnen und welche man Ampullen nennt. Weiter erstrecken sich die Nerven nicht;

die Röhren der halbzirkelförmigen Kanäle sind demnach keine schallempfindenden Organe, sondern eines anderen, bis jetzt durchaus unbekannten Zweckes wegen vorhanden.

Ein elastischer Körper, welcher von einem anderen gestoßen wird, geräth in wellenartige Schwingungen, welche von unserem Gehörorgane als Schall aufgefaßt werden. Jeder einfache Stoß erzeugt eine einfache Welle und somit auch nur eine einfache Schallempfindung; werden die Stöße und die dadurch erzeugten Wellen häufiger, so entsteht das Geräusch und endlich, wenn die Stöße so häufig werden, daß das Gehörorgan sie nicht mehr in seinen Einzelheiten unterscheiden kann, so entsteht der Ton, der mithin stets das Resultat einer bestimmten Anzahl von Wellenbewegungen eines durch Stöße in schwingende Bewegung versetzten Körpers ist. Je mehr Schwingungen der Körper in einer bestimmten Zeit macht, desto höher ist der Ton, welchen er hervorbringt. Unser Gehörorgan hat gewisse Gränzen, unterhalb und oberhalb welcher es den Ton nicht mehr vernimmt; der tiefste, wahrnehmbare Ton beträgt etwa 14 bis 16 Schwingungen in der Sekunde, und bei dieser Zahl schon gleicht er mehr einem brummenden Geräusch, als einem wahren Tone. Der höchste Ton, welchen unser Gehörorgan aufzufassen vermag, wird wohl an 70,000 Schwingungen in der Sekunde erreichen. Es mag wohl keinem Zweifel unterliegen, daß noch höhere Töne existiren, deren Auffassung unserem Ohr unmöglich ist, und viele Erscheinungen lassen darauf schließen, daß die Ohren mancher Thiere gerade auf solche feinere Töne eingerichtet sind. Schon bei den einzelnen Menschen zeigen sich deutliche Verschiedenheiten, selbst wenn sonst ihr Gehör so ziemlich an Schärfe gleich ist, und während der Eine noch einen sehr hohen Ton hört, so entgeht dieser dem Anderen durchaus. Der Schrei der Fledermaus steht fast an der Gränze des menschlichen Auffassungsvermögens und gar Viele haben ihn nie gehört; — es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die Natur einem Geschöpfe einen Lockton gegeben habe, der an der Gränze des Auffassungsvermögens

Die Schallwellen, welche ein schwingender Körper erzeugt, theilen sich allen Körpern in seiner Umgebung mit, allein nicht überall in gleichem Grade. Schwingungen fester Körper theilen sich am leichtesten wieder festen Körpern mit, in welchen auch die Schallwellen am Vollständigsten fortgeleitet werden; Uebertragung von Tonschwingungen fester Körper auf flüssige geschieht schon schwerer, und am Unvollständigsten findet sie von festen auf luftförmige Körper Statt. Ein gleiches Verhältniß findet sich, wenn die Uebertragung in umgekehrter Reihe geschehen soll. Atmosphärische Luft, in Schwingungen versetzt, theilt dieselbe nur sehr schwer flüssigen und festen Körpern mit, während in Flüssigkeiten erzeugte Schwingungen sich sehr stark auf feste Körper übertragen. Die Mittheilungsfähigkeit wird indessen bedeutend erhöht, sobald gespannte, elastische Membranen und nicht durchaus solide Körper die Vermittler bilden. So theilen sich die Schallwellen der Luft dem Wasser sehr leicht mit, wenn sie erst durch eine gespannte Haut aufgefaßt werden; ebenso geschieht die Mittheilung von der Luft aus an feste Körper sehr leicht und vollständig, wenn diese letzteren mit einer gespannten Membran in Verbindung gesetzt werden.

Betrachtet man nun die Bildung des Gehörorgans im Vergleiche zu den angeführten Gesetzen der Leitung des Schalles, so erscheint dasselbe vorzüglich darauf berechnet, in seinem äußeren und mittleren Theile eine möglichst vollständige Leitung der Schallwellen nach dem inneren Labyrinthe, dem eigentlich empfindenden Apparate, herzustellen. Die von der Ohrmuschel aufgefaßten Tonschwingungen der Luft werden durch ein Hörrohr, den Gehörgang, nach innen gegen eine ausgespannte elastische Membran, das Trommelfell, geleitet, welches offenbar den Zweck hat, die möglichst vollständige Uebertragung der Schallwellen auf die aus festen Körpern zusammengesetzte Kette der Gehörknöchelchen zu vermitteln. Diese setzen die Schallwellen nach innen bis zu dem ovalen Fenster fort, einer zweiten gespannten Membran, welche die Schallwellen mit großer Leichtigkeit der Labyrinth-

flüssigkeit mittheilt, durch welche dann endlich der Hörnerve afficirt wird.

Im Ganzen liegt die genauere Analyse des Hörens noch sehr im Argen, da namentlich die Akustik noch nicht weit genug vorgeschritten ist, um über eine Menge Fragen, welche Anatomie und Funktionenlehre aufwerfen, Rechenschaft geben zu können. Man hat sich viel damit abgequält, zu untersuchen, wie es zugehen könne, daß man mehrere Töne zugleich höre; welche Funktion einzelne Theile, wie Schnecke und Kanäle, haben — die Entscheidung dieser Fragen ist unmöglich.

Die Nasenhöhle ist bekanntlich der Sitz des Geruchsinnes, der indessen bei weitem nicht in ihrer ganzen Ausbreitung, sondern nur in dem oberen Theile der Nasenscheidewand und den beiden oberen Muscheln durch die Fasern des ersten Paares, des Geruchsnerven, vermittelt wird. Der untere Nasengang, durch welchen bei dem Athmen die Luft gewöhnlich streicht, ist eben so unempfindlich für die Geruchseindrücke, wie die mannichfaltigen Nebenhöhlen der Nase, die zwischen den beiden Platten des Stirnbeines hinter und über den Augenbrauen, sowie in den Aushöhlungen des Wangenbeines und des Keilbeines an der Schädelbasis gelegen sind. Die ganze Ausbreitung der Nasenhöhle und dieser Nebenhöhlen ist mit der Riechschleimhaut ausgekleidet, als deren wesentlichstes Element sich ein Flimmerüberzug zeigt, der in beständiger Bewegung einen fortdauernden Strom der Flüssigkeiten auf der Schleimhaut unterhält. Die Zellen, auf welchen die schwingenden Wimpern stehen, sind außerordentlich empfindlich gegen Reagentien aller Art, sogar im Wasser verändern sie augenblicklich durch Aufquellen ihre Gestalt. Eben so leicht lösen sich diese Zellen los; man braucht nur mit einer Federspule die Nasenschleimhaut ein wenig zu kratzen, um dann in dem Schleime eine Menge losgelöster, noch wirbelnder Zellen zu finden. Beim Schnupfen lösen sie sich in Haufen los, sobald die Periode des stärkeren Ausflusses eingetreten ist. Die Existenz dieses Wimperüberzuges sowie seine unveränderte Gestalt scheinen indeß wesentliche Bedingungen für

[illegible] schwingender Körper erzeugt [illegible] Umgebung mit, allein nich [illegible] Schwingungen fester Körper theile [illegible] Körpern mit, in welchen auc [illegible] fortgeleitet werden; Ueber [illegible] Körper auf flüssige geschieh [illegible] findet sie von festen au [illegible] Verhältniß findet sich [illegible] Reihe geschehen soll [illegible] versetzt, theilt dieselbe nu [illegible] Körpern mit, während in Flüssig [illegible] sehr stark auf feste Körpe [illegible] wird indessen bedeutend [illegible] Membranen und nicht durchaus [illegible] So theilen sich die Schall [illegible] sehr leicht mit, wenn sie erst durch [illegible] ebenso geschicht die Mit [illegible] Körper sehr leicht und voll [illegible] mit einer gespannten Membran in [illegible]

[illegible] Bildung des Gehörorgans im [illegible] Gesetzen der Leitung des Schal [illegible] darauf berechnet, in seinen [illegible] eine möglichst vollständige Leitung der [illegible] inneren Labyrinthe, dem eigentlich empfindenden [illegible], herzustellen. Die von der Ohrmuschel [illegible] der Luft werden durch ein Hörrohr, den Gehörgang, nach innen gegen eine ausgespannte elastische Membran, das Trommelfell, geleitet, welches offenbar den Zweck hat, die möglichst vollständige Uebertragung der Schallwellen auf die aus festen Körpern zusammengesetzte Kette der Gehörknöchelchen zu vermitteln. Diese setzen die Schallwellen nach innen bis zu dem ovalen Fenster fort, einer zweiten gespannten Membran, welche die Schallwellen mit großer Leichtigkeit der Labyrinth-

issigkeit mittheilt, durch welche dann endlich der Hörnerve ficirt wird.

Im Ganzen liegt die genauere Analyse des Hörens noch sehr Argen, da namentlich die Akustik noch nicht weit genug vor- schritten ist, um über eine Menge Fragen, welche Anatomie d Funktionenlehre aufwerfen, Rechenschaft geben zu können. an hat sich viel damit abgequält, zu untersuchen, wie es gehen könne, daß man mehrere Töne zugleich höre; welche nktion einzelne Theile, wie Schnecke und Kanäle, haben — e Entscheidung dieser Fragen ist unmöglich.

Die Nasenhöhle ist bekanntlich der Sitz des Geruchsin- es, der indessen bei weitem nicht in ihrer ganzen Ausbreitung, ndern nur in dem oberen Theile der Nasenscheidewand und den iden oberen Muscheln durch die Fasern des ersten Paares, des eruchsnerven, vermittelt wird. Der untere Nasengang, durch elchen bei dem Athmen die Luft gewöhnlich streicht, ist eben unempfindlich für die Geruchseindrücke, wie die mannichfal- gen Nebenhöhlen der Nase, die zwischen den beiden Platten s Stirnbeines hinter und über den Augenbrauen, sowie in n Aushöhlungen des Wangenbeines und des Keilbeines an der hädelbasis gelegen sind. Die ganze Ausbreitung der Nasen- hle und dieser Nebenhöhlen ist mit der Riechschleimhaut aus- leidet, als deren wesentlichstes Element sich ein Flimmerüber- z zeigt, der in beständiger Bewegung einen fortdauernden rom der Flüssigkeiten auf der Schleimhaut unterhält. Die llen, auf welchen die schwingenden Wimpern stehen, sind ßerordentlich empfindlich gegen Reagentien aller Art, sogar Wasser verändern sie augenblicklich durch Aufquellen ihre stalt. Eben so leicht lösen sich diese Zellen los; man braucht r mit einer Federspule die Nasenschleimhaut ein wenig zu ßen, um dann in dem Schleime eine Menge losgelöster, noch ebelnder Zellen zu finden. Beim Schnupfen lösen sie sich in ufen los, sobald die Periode des stärkeren Ausflusses einge- ten ist. Die Existenz dieses Wimperüberzuges sowie seine veränderte Gestalt scheinen indeß wesentliche Bedingungen für

den Geruch zu sein. Jedermann weiß, daß bei einem Schnupfen der Geruch in der bezeichneten Periode entweder gänzlich aufgehoben, oder doch wenigstens sehr abgestumpft ist. Ein einfacher Versuch bestätigt dies Ergebniß. Man kann die Nasenhöhlen eines auf dem Rücken liegenden Menschen, der den Kopf hintenüber hängen läßt, vollständig mit Wasser füllen, ohne daß dieses durch die hinteren Gaumenöffnungen abfließt. Läßt man nun dieses Wasser einige Zeit lang in der Nase, so daß es eine Wirkung auf den Wimperüberzug ausüben kann, so ist auch nach dem Ausfließen des Wassers die Geruchsempfindung für einige Zeit aufgehoben und kehrt erst allmählich wieder.

Der erwähnte Versuch kann in zweckmäßiger Weise abgeändert noch über manche andere Verhältnisse belehren. Nimmt man Statt reinen Wassers ein riechendes Wasser, z. B. solches, worin man einige Tropfen kölnisches Wasser geschüttet hat, so hat der Mensch dennoch schon bei dem Eingießen nicht die mindeste Geruchsempfindung. Die Riechstoffe müssen demnach, wenn sie einen Eindruck erzeugen wollen, stets in luftförmigem Zustande der Schleimhaut zugeführt werden, und nur solche Körper werden gerochen, welche eine gasförmige Ausdünstung von sich geben. Man hat Messungen angestellt, um die Gränzen der Empfindung einzelner stark riechender Körper zu bestimmen, und ist dabei zu wirklich erstaunlichen Resultaten für die Schärfe dieses Sinnes gekommen. Ein Luftraum, der höchstens ein Zehn-Milliontel seines Volumens von dem Dampfe des Rosenöles enthält, riecht noch sehr deutlich, und eine Flüssigkeit, die ein Zwei-Milliontel eines Milligrammes feinen Moschus enthielt, ließ ebenfalls noch deutlich den Geruch erkennen. Mancherlei Nebenbedingungen unterstützen aber die Empfindung. Dahin gehört namentlich die Bewegung des Luftstromes, besonders durch Schnüffeln, und die Erhaltung einer gewissen Temperatur. Wir halten den Athem an, wenn wir die Gerüche nicht empfinden wollen, und können auf diese Weise je durch Verstärkung oder Verminderung des hin- und herziehenden Luftstromes auch die Empfindung verstärken oder vermindern.

Mit den eigentlichen Geruchsempfindungen, deren genauere
rkung uns durchaus unbekannt ist, darf man die feinen Tast-
pfindungen nicht verwechseln, welche in der Nasenschleimhaut
en Sitz haben und dort durch den Nasenast des fünften Ner-
paares vermittelt werden. Die eigenthümliche Empfindung,
lche der Salmiakgeist z. B. erregt, ist nicht eine Geruchs-
pfindung, sondern ein Tasteindruck, bedingt durch das Anätzen
r Nasenschleimhaut. Viele Empfindungen mögen gewisser-
aßen aus beiden Eindrücken, aus Geruchs- und Tastempfin-
ng, combinirt sein.

Die Rolle, welche der Geruchsinn dem allgemeinen Be-
en gegenüber spielt, ist individuell außerordentlich verschieden.
nschen mit stumpfer Nase tragen den Geruchsempfindungen
st gar keine Rechnung, während bei anderen dieser Sinn vor
n anderen über Lust und Unlust, Behagen und Unbehagen
cheidet. Verschiedene Stimmungen des Centralnervensyste-
s ändern wesentlich das Verhalten gegenüber verschiedenen
ruchsempfindungen. Schon Mancher hat mit Erstaunen
rnehmen müssen, daß Frauen, welche Blumen leidenschaftlich
ten, dieselben verabscheuten, nachdem sie hysterisch geworden
ren, und dagegen den Geruch des Teufelsdreckes oder ge-
nnter Federn allen anderen vorzogen.

Schon in einem früheren Briefe berührten wir die verschie-
en Verhältnisse, welche zur Geschmacksempfindung
wirken. Wir sahen, daß die Zunge nicht allein der Verbrei-
gsort des eigentlichen Geschmacksnerven, sondern auch der
z eines höchst feinen Tastgefühles sei, und daß dasjenige, was
als Geschmack bezeichnen, meistens eine Combination von
stempfindung und eigentlicher Geschmacksempfindung sei. Der
hre Geschmack wird erst in den hinteren Theilen der Mund-
le, sowohl an der Zunge, als auch an dem Gaumenbogen
eugt, und eine wesentliche Mitbedingung für seine Empfindung
eint die Bewegung dieser Theile zu sein. Alle Geschmacks-
pfindungen, die man durch einfaches Betupfen der unbeweglich
altenen Theile erzeugt, sind durchaus unbestimmt, verwaschen,

oder selbst so undeutlich, daß man sich keine Rechenschaft v
ihnen geben kann. In demselben Augenblicke aber, in welche
eine Schluckbewegung gemacht oder die Zunge im Munde h
umgewälzt wird, tritt auch die Empfindung auf das Deutlich
hervor. Jedenfalls besitzt die Zungenwurzel nicht nur
größte Empfänglichkeit für Geschmackseindrücke überhaupt, sond
auch die feinste Unterscheidungsfähigkeit, weshalb denn auch z.
Weintrinker, welche die feineren Geschmäcke unterscheiden woll
die Zungenwurzel mit dem Weine gurgeln, bevor sie ihn hin
schlucken. Die Feinheit des Geschmackes selbst ist außerorde
lich verschieden, je nach den Individuen und nach den schmeck
den Körpern, die stets in wässeriger Lösung geboten wer
müssen. Eine Flüssigkeit, die $\frac{1}{100}$ ihres Gewichtes Rohrzu
enthält, schmeckt nicht mehr süß. Die Gränze des Geschma
für das Kochsalz findet sich etwa bei $\frac{1}{300}$, für wasserfreie Sch
felsäure und schwefelsaures Chinin etwa bei $\frac{1}{1000000}$.
allen solchen Messungen muß man indeß berücksichtigen,
auch die absolute Menge einen Einfluß hat, und daß desh
ein Tropfen einer solchen verdünnten Flüssigkeit weniger geeig
ist, eine Geschmacksempfindung hervorzurufen, als wenn man
ganze Mundhöhlung mit der Flüssigkeit füllt.

Wir müssen den Tastsinn, welcher übrigens in unse
ganzen Haut ausgebildet ist, wohl unterscheiden von dem all
meinen Schmerzgefühl, welches jeder Empfindungsnerve erzeu
und das auch zu Stande kommen kann, wenn das taste
Organ, die Haut, entfernt ist. Schon früher, als wir von
Eigenschaften der Nerven sprachen, machten wir darauf a
merksam, daß die Verwundung oder Erregung eines empfind
den Nerven stets nur Schmerz erzeuge, der von dem Auffassun
vermögen an dem Orte der Nervenausbreitung selbst lokalis
werde. Weitere Vorstellungen, wie sie bei dem Tasten, d
Fühlen auf der äußeren Haut entstehen, sind mit den Schme
empfindungen nicht verbunden, und es sind demnach diese Ta
vorstellungen wesentlich an den Bau der äußeren Haut geknüp
Ueber diesen aber streitet man noch theilweise hin und her.

den feinfühlendsten Stellen, wie in der Innenfläche der Finger, an der Zungenspitze, an den Lippen findet man eigenthümliche rundliche Gebilde, die wie aus aufeinander liegenden Blättern aufgeschichtet aussehen und zu welchen die Nervenenden hintreten. Die Einen behaupten, daß die Nervenröhren in diesen sogenannten Tastkörperchen oder Axenkörpern selbst enden und daß die übrigen Hautwärzchen nur Gefäßschlingen, aber keine Nervenendigungen enthalten; die Anderen dagegen vertheidigen eben so hartnäckig ihre Ansicht, nach welchen Nervenschlingen in allen Hautwärzchen vorkommen und die Axenkörperchen von diesen Nervenschlingen umsponnen werden. Wie dem auch sei, so viel ist gewiß, daß diese eigenthümlichen Gebilde irgend eine Beziehung zu den Tastempfindungen der Haut haben müssen, wenn auch diese nicht einzig durch sie vermittelt werden. Ferneren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, zu bestimmen, welcher Art diese Beziehung sei.

Die Schärfe des Tastsinnes ist nicht nur bei den verschiedenen Individuen, sondern auch an den verschiedenen Hauttheilen großen Ungleichheiten unterworfen. Wie ausgezeichnet fein die Blinden fühlen, wie genau sie sich durch Beachtung der geringfügigsten Eindrücke, welche ihre Haut treffen, von verschiedenen Raumverhältnissen Rechenschaft geben können, welche wir durch unser Gesicht zu ermessen gewohnt sind, weiß Jedermann; der Tastsinn, durch seine feine Ausbildung, ersetzt hier gewissermaßen den Gesichtssinn, und der Blinde hat sich gewöhnt, von ihm Vorstellungen aufzunehmen, die uns nur durch den Gesichtssinn vermittelt werden. Man hat indessen, so viel ich weiß, noch keine vergleichende Beobachtung über die absolute Schärfe des Tastsinnes bei Blinden gemacht, welche in der Art, wie die Untersuchungen über die einzelnen Körpertheile, ein genaues Maß für den Tastsinn derselben abgäben. Es würden solche Untersuchungen nicht unwichtig sein für die Ansicht, welche man überhaupt sich von dem Tastsinne zu machen hat; es würde sich dabei herausstellen, ob die Sinne in materieller Hinsicht einer Verfeinerung fähig sind, oder ob das feinere Tastgefühl, welches wir bei den

Blinden beobachten, nur eine Folge der Ausbildung des Vorstellungsvermögens ist, wodurch der Blinde die Eindrücke, die er empfängt, zu einem objektiven Anschauungsbilde umwandelt. Wir Sehenden, wenn wir eine Münze bei geschlossenen Augen betasten, fühlen vielleicht alle Vorsprünge der Buchstaben, des geprägten Kopfes eben so gut, als ein Blinder, allein wir vermögen nicht die einzelnen Eindrücke zu einem Gesammtbilde zu vereinigen, wie der Blinde es thut.

Man hat die Schärfe des Tastgefühles an verschiedenen Theilen des Körpers in der Weise gemessen, daß man einen Zirkel aufsetzte, dessen Spitzen mit kleinen Korkstückchen maskirt waren. Man maß nun, wie weit man die Zirkelspitzen auseinander setzen mußte, um ihre beiden Eindrücke als getrennte zu empfinden, und indem man diese Methode über den ganzen Körper ausdehnte, konnte man eine vergleichende Tabelle der Schärfe des Tastgefühles unserer Hautoberfläche aufstellen, die indeß immer noch viel Willkürliches hat, da nicht nur die Werthe auf beiden Körperhälften verschieden ausfallen, sondern auch die Richtung des Aufsetzens der Zirkelspitzen, so wie die Methode selbst, manche Irrthümer herbeiführen können. So unterscheidet man an den meisten Theilen, besonders den Extremitäten, die beiden Zirkelspitzen weit leichter, wenn sie in der Quere gestellt werden, als wenn sie in der Längenaxe des Gliedes die Haut berühren. Ebenso ist der Uebergang von dem Gefühle als einfacher Punkt zu der Unterscheidung der beiden Zirkelspitzen ein allmählicher; der Punkt scheint sich bei Oeffnung der Spitzen auszudehnen, zu wachsen, eine elliptische Gestalt anzunehmen, bis endlich die beiden Endpunkte der Axe der Ellipse sich trennen und als zwei selbstständige Punkte gefühlt werden.

Die Zungenspitze ist der feinfühlendste Theil des Körpers; man unterscheidet noch die Zirkelspitzen, wenn ihre Entfernung nur eine halbe Linie beträgt. Nach der Zungenspitze folgen die inneren Flächen der letzten Fingerglieder, mit welchen wir gewöhnlich tasten und deren Schärfe im Mittel 7 Zehntel einer Linie beträgt; die rothen Theile der Lippen, die inneren Flächen der

zweiten und dritten Fingerglieder fühlen eine Entfernung von anderthalb Linien im Durchschnitte; die Nasenspitze, Seite und Rücken der Zunge, die äußeren Theile der Lippen schwanken zwischen 2—3 Linien, die Rückenfläche der Finger, die Wange zeigen eine Verhältnißzahl von 4 Linien und etwas mehr. Weitere ungefähre Verhältnißzahlen sind : Stirne 6 Linien. Scheitel 9½ Linien. Kniescheibe 10 Linien. Fußrücken 12 Linien. Oberarm 14 Linien. Hinterbacke 13 Linien. Oberer Theil des Rückens in der Mittellinie 19 Linien. Rückenwirbelsäule in der Mitte 24 Linien. Man sieht demnach, daß auf der Mitte des Rückens eine Unsicherheit von mehr als zwei Zollen für einen Eindruck existiren muß, und wir wissen sehr wohl aus eigener Erfahrung, daß diese wirklich existirt. Auch auf den andern Körpertheilen herrscht eine je nach Verhältniß größere oder kleinere Unsicherheit in der Empfindung, und es liegt nur in dieser Unsicherheit der Grund, daß wir einen Floh z. B., der uns sticht, nicht unmittelbar fangen, sondern meist daneben tappen, wenn wir ihn nicht sehen, eben weil das punktgroße Geschöpf der Unsicherheit in der Lokalisation der Empfindung nicht entspricht.

Durch den Druck, welchen schwerere Körper auf eine Stelle unserer Haut ausüben, wird eine Empfindung erzeugt, deren Größe wir gewissermaßen abzuschätzen vermögen, so daß man, wenn auch nicht ganz mit Recht, von einem Drucksinn der Haut reden kann. Die Feinheit dieser Empfindungen ist indessen bei weitem nicht so bedeutend, als diejenige der Tastgefühle, und deshalb der Unterschied zwischen den einzelnen Körperstellen auch bei weitem weniger bedeutend. Unterschiede zwischen verschiedenen Gewichten, die eine gleiche Grundfläche haben, werden bei ruhig gehaltenem Arme z. B. nur dann einigermaßen genauer gefühlt, wenn der Wechsel schnell vorgenommen wird. Ist einmal einige Zeit verstrichen, so darf man nicht erwarten, bei einem Zweipfundsteine z. B. einen Unterschied von mehreren Lothen abschätzen zu können. Die Bestimmung des absoluten Gewichtes von Körpern, die wir mit der Hand vornehmen, beruht weit weniger auf diesem Drucksinne, als auf der Ab=

schätzung der Kraft, die wir zum Heben einer Last nöthig haben. Auch diese Abschätzung ist durchaus ungenau, kann aber durch Uebung innerhalb gewisser Gränzen bis zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht werden.

Die Wärmeempfindung, deren die Haut fähig ist, bezieht sich besonders auf die Schwankungen der äußeren Temperatur, nicht aber auf einen constanten Grad derselben. Innerhalb der Gränzen von 10° C. bis zu 46° C. vermag die Haut noch Unterschiede von einigen Zehntel Graden mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben; doch steht die Empfindlichkeit der einzelnen Hautstellen nicht ganz in direktem Verhältnisse zu dem Nervenreichthum und der Feinheit der Tastempfindung. Schon früher machten wir darauf aufmerksam, daß unsere Haut nicht nur empfindlich ist für die Verschiedenheit der Wärmegrade, von denen sie getroffen wird, sondern auch für die absolute Menge von Wärme, die in einer gewissen Zeit in sie überströmt, was von der Leitungsfähigkeit der Körper abhängt. Deshalb werden wir auch empfindlicher von der Wärme und Kälte getroffen, je nachdem die Fläche der Haut, welche die Empfindung vermittelt, größer oder geringer ist. Heißes Wasser erscheint uns weniger heiß, wenn wir die Spitze des Fingers, als wenn wir die ganze Hand hineintauchen. Im Uebrigen aber hängt die Empfindung von Wärme oder Kälte außerordentlich von dem Temperaturgrade ab, an den man sich gerade gewöhnt hat. Ein Keller, der tief genug ist, um während des ganzen Jahres eine constante Temperatur zu zeigen, erscheint uns im Sommer kalt, im Winter warm; und Humboldt erzählt, daß er in Caracas vor Kälte schlotterte, als einmal das Thermometer während weniger Stunden etwa um zehn Grade gefallen war, wobei es sich aber dennoch auf der Höhe der Blutwärme erhielt.

Die Haut mit ihren verschiedenen Empfindungen ist von jeher der Spielraum für alle möglichen Träumereien gewesen. Man glaubte sich berechtigt, den Tastsinn als den Mutterboden aller anderen Sinne aufzufassen und ihn sogar für diese Ersatz leisten zu lassen. Man sollte wirklich mit der Haut hören, sehen,

eiten und dritten Fingerglieder fühlen eine Entfernung von
erthalb Linien im Durchschnitte; die Nasenspitze, Seite und
en der Zunge, die äußeren Theile der Lippen schwanken zwischen
–3 Linien, die Rückenfläche der Finger, die Wange zeigen eine
hältnißzahl von 4 Linien und etwas mehr. Weitere ungefähre
hältnißzahlen sind : Stirne 6 Linien. Scheitel 9½ Linien.
escheibe 10 Linien. Fußrücken 12 Linien. Oberarm 14 Linien.
terbacke 13 Linien. Oberer Theil des Rückens in der Mittel-
e 19 Linien. Rückenwirbelsäule in der Mitte 24 Linien. Man
t demnach, daß auf der Mitte des Rückens eine Unsicherheit
mehr als zwei Zollen für einen Eindruck existiren muß, und
wissen sehr wohl aus eigener Erfahrung, daß diese wirklich
tirt. Auch auf den andern Körpertheilen herrscht eine je nach
hältniß größere oder kleinere Unsicherheit in der Empfindung,
es liegt nur in dieser Unsicherheit der Grund, daß wir einen
h z. B., der uns sticht, nicht unmittelbar fangen, sondern
ist daneben tappen, wenn wir ihn nicht sehen, eben weil das
nktgroße Geschöpf der Unsicherheit in der Lokalisation der
mpfindung nicht entspricht.

Durch den Druck, welchen schwerere Körper auf eine Stelle
nserer Haut ausüben, wird eine Empfindung erzeugt, deren
röße wir gewissermaßen abzuschätzen vermögen, so daß man,
enn auch nicht ganz mit Recht, von einem Drucksinn der Haut
den kann. Die Feinheit dieser Empfindungen ist indessen bei
eitem nicht so bedeutend, als diejenige der Tastgefühle, und
shalb der Unterschied zwischen den einzelnen Körperstellen auch
i weitem weniger bedeutend. Unterschiede zwischen verschie-
nen Gewichten, die eine gleiche Grundfläche haben, werden bei
hig gehaltenem Arme z. B. nur dann einigermaßen genauer
fühlt, wenn der Wechsel schnell vorgenommen wird. Ist ein-
al einige Zeit verstrichen, so darf man nicht erwarten, bei
nem Zweipfundsteine z. B. einen Unterschied von mehreren
then abschätzen zu können. Die Bestimmung des absoluten
ewichtes von Körpern, die wir mit der Hand vornehmen,
ruht weit weniger auf diesem Drucksinne, als auf der Ab-

schätzung der Kraft, die wir zum Heben einer Last nöthig haben. Auch diese Abschätzung ist durchaus ungenau, kann aber durch Uebung innerhalb gewisser Gränzen bis zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht werden.

Die Wärmeempfindung, deren die Haut fähig ist, bezieht sich besonders auf die Schwankungen der äußeren Temperatur, nicht aber auf einen constanten Grad derselben. Innerhalb der Gränzen von 10° C. bis zu 46° C. vermag die Haut noch Unterschiede von einigen Zehntel Graden mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben; doch steht die Empfindlichkeit der einzelnen Hautstellen nicht ganz in direktem Verhältnisse zu dem Nervenreichthum und der Feinheit der Tastempfindung. Schon früher machten wir darauf aufmerksam, daß unsere Haut nicht nur empfindlich ist für die Verschiedenheit der Wärmegrade, von denen sie getroffen wird, sondern auch für die absolute Menge von Wärme, die in einer gewissen Zeit in sie überströmt, was von der Leitungsfähigkeit der Körper abhängt. Deshalb werden wir auch empfindlicher von der Wärme und Kälte getroffen, je nachdem die Fläche der Haut, welche die Empfindung vermittelt, größer oder geringer ist. Heißes Wasser erscheint uns weniger heiß, wenn wir die Spitze des Fingers, als wenn wir die ganze Hand hineintauchen. Im Uebrigen aber hängt die Empfindung von Wärme oder Kälte außerordentlich von dem Temperaturgrade ab, an den man sich gerade gewöhnt hat. Ein Keller, der tief genug ist, um während des ganzen Jahres eine constante Temperatur zu zeigen, erscheint uns im Sommer kalt, im Winter warm; und Humboldt erzählt, daß er in Caracas vor Kälte schlotterte, als einmal das Thermometer während weniger Stunden etwa um zehn Grade gefallen war, wobei es sich aber dennoch auf der Höhe der Blutwärme erhielt.

Die Haut mit ihren verschiedenen Empfindungen ist von jeher der Spielraum für alle möglichen Träumereien gewesen. Man glaubte sich berechtigt, den Tastsinn als den Mutterboden aller anderen Sinne aufzufassen und ihn sogar für diese Ersatz leisten zu lassen. Man sollte wirklich mit der Haut hören, sehen,

Sechszehnter Brief.

Die Bewegungen.

Jedermann weiß, daß in unserem Körper eine Menge verschiedenartiger Stücke, Knochen und Knorpel, zu einem Gerüste zusammengefügt sind, welches den übrigen Theilen als Stütze dient und das Skelett genannt wird. Betrachtet man dieses starre Gerüste näher, so erscheinen dabei zwei wesentliche Bedingungen erfüllt, einerseits eben die Stützung und Umhüllung der weicheren Theile, die Vorzeichnung der Höhlen, worin Hirn und Rückenmark, so wie die Eingeweide des Bauches und der Brust verborgen sind, und anderntheils die Mithülfe zur Ausführung von Bewegungen, indem die einzelnen Stücke des Skelettes mehr oder minder beweglich an einander gefügt und durch Gelenke mit einander verbunden sind. Die Art dieser Zusammenfügung ist äußerst mannichfaltig und wechselt je nach den verschiedenen Zwecken des Gelenkes, der Größe seines Spielraumes und der Art der Bewegung, welche es ausführen soll. An einigen Orten, wo nur eine gewisse elastische Verbindung, eine geringe Nachgiebigkeit gegen äußere oder innere Gewalt Statt finden soll, sehen wir selbst nur mehr oder minder zusammendrückbare elastische Knorpelstücke zwischen die Knochen eingeleimt, ohne daß sich besondere Gelenkflächen darböten, welche auf einander hergleiten könnten. Solcher Art sind die Verbindungen der einzelnen Wirbelkörper unter sich, die Anheftung der Rippen an das Brustbein und andere mehr. In dem ersten Falle ist die Beweglichkeit der einzelnen runden, säulenartig auf einander geschichteten Wirbelstücke durch elastische, aus Faserknorpeln

die magnetisch Schlafende gar prächtig hindurchsehen konnte, und die Geschichte des Burdin'schen Preises muß dem Gläubigsten die Augen geöffnet haben. Als so viel Spektakel vor einigen Jahren gemacht wurde von Somnambülen, welche mit verbundenen Augen lesen sollten, legte dieser Arzt einen versiegelten Brief bei der Akademie nieder, nebst einer Summe von 2000 Franken für Diejenige, welche lesen würde, was in dem Briefe stand. Noch keine hat den Preis verdient.



Sechszehnter Brief.

Die Bewegungen.

Jedermann weiß, daß in unserem Körper eine Menge ver-
iedenartiger Stücke, Knochen und Knorpel, zu einem Gerüste
ammengefügt sind, welches den übrigen Theilen als Stütze dient
das Skelett genannt wird. Betrachtet man dieses starre
rüste näher, so erscheinen dabei zwei wesentliche Bedingungen
üllt, einerseits eben die Stützung und Umhüllung der weicheren
eile, die Vorzeichnung der Höhlen, worin Hirn und Rückenmark,
wie die Eingeweide des Bauches und der Brust verborgen sind,
anderntheils die Mithülfe zur Ausführung von Bewegungen,
em die einzelnen Stücke des Skelettes mehr oder minder beweg-
an einander gefügt und durch Gelenke mit einander verbunden
. Die Art dieser Zusammenfügung ist äußerst mannichfaltig
wechselt je nach den verschiedenen Zwecken des Gelenkes, der
öße seines Spielraumes und der Art der Bewegung, welche es
führen soll. An einigen Orten, wo nur eine gewisse elastische
rbindung, eine geringe Nachgiebigkeit gegen äußere oder innere
walt Statt finden soll, sehen wir selbst nur mehr oder minder
ammendrückbare elastische Knorpelstücke zwischen die Knochen
geleimt, ohne daß sich besondere Gelenkflächen darböten, welche
einander hergleiten könnten. Solcher Art sind die Verbin-
igen der einzelnen Wirbelkörper unter sich, die Anheftung der
ppen an das Brustbein und andere mehr. In dem ersten Falle
die Beweglichkeit der einzelnen runden, säulenartig auf ein-
der geschichteten Wirbelstücke durch elastische, aus Faserknorpeln

gewebte Kissen vermittelt, welche, wie die Federkissen eines Stuhles, einem gewissen Drucke nachgeben und sich beim Nachlasse desselben wieder aufrichten: bei den Rippen dagegen findet die Beweglichkeit dadurch Statt, daß die beweglichen Stäbe, womit sie sich an das Brustbein ansetzen, wie Degenklingen durch angebrachten Druck oder Zug gebogen werden und beim Aufhören desselben in ihre alte Lage zurückspringen.

In allen übrigen beweglichen Gelenkverbindungen finden wir stets zwei Knochenflächen, welche über einander hergleiten können und deshalb mit glatten Knorpelstücken belegt und mit feuchtem Schleime überzogen sind: ein Verhältniß, das wir in der Mechanik durch glatte Drehflächen und Einölung der Gelenke nachahmen. Das Herstellen ganz ebener Flächen, welche über einander gleiten und einzig durch geradlinige Verschiebung wirken können, findet äußerst selten im Körper Statt; meist bedingt die Art der Bewegung die Einrichtung verschieden gekrümmter Flächen, wodurch Drehungen aller Art ausgeführt werden. Die Natur hat sich äußerst erfinderisch in Herstellung dieser Gelenkverbindungen gezeigt; von dem freiesten Kopfgelenke, wo ein rund abgedrehter Gelenkkopf sich auf einer fast ebenen Fläche dreht und somit fast vollständig nach allen Richtungen umhergerollt werden kann, bis zu dem beschränkteren Nußgelenke, wo der Kopf in einer ihn umschließenden runden Kapsel spielt; von dem beschränktesten Charniergelenke, welches nur einseitiges Auf- und Zuklappen gestattet, bis zu den freiesten Charnieren, wo auch seitliches Ueberkappen und drehende Bewegung möglich ist, finden sich die mannichfachsten Modifikationen, theils durch sinnige Abänderung der aufeinander spielenden Gelenkflächen, theils durch Anordnung der benachbarten Theile bedingt, welche den Spielraum des Gelenkes hemmen und einschränken. Es genügt, hier auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht zu haben; Jeder kann am eigenen Körper sich leicht überzeugen, wie sehr verschieden die Beweglichkeit des Oberarmes von derjenigen des Ellenbogens und der Hand sei; wie er den Oberarm frei im Kreise gleich der Speiche eines Rades schwingen, nach vorne und hinten führen kann, während er im Ellenbogen-

einzig auf das Auf- und Zuklappen des Charnieres beschränkt
wie er im Handgelenke drehende und seitliche Bewegungen
hren, mit dem ersten Fingergelenke, namentlich des Zeige-
s, ebenfalls Kreisbewegungen vornehmen kann; während das
und dritte Fingergelenk nur klappender Charnierbewegungen
find. Man wird so bei Vergleichung der oberen mit der
n Extremität finden, daß hier die entsprechenden Be-
gen im Grunde zwar ähnlich, aber weit beschränkter sind;
ie Bewegungen des Oberschenkels denen des Oberarmes
echend nach allen Richtungen hin weit geringer sind, weil
er Gelenkkopf des Oberschenkels in einer nußartigen Ge-
hle eingekapselt ist, während der Kopf des Oberarmes auf
kleinen, fast ebenen Gelenkfläche spielt; daß die Bewegungen
ußwurzel, der Zehen, eine Wiederholung der Hand- und
bewegungen in geringerer Ausdehnung darstellen.

Die Gelenkflächen der einzelnen Knochen sind durch Kapsel-
und Bänder an einander befestigt, durch deren Anordnung
der Spielraum der Gelenke, so wie er durch die Natur
elenkflächen gegeben wäre, mehr oder minder beschränkt,
h aber auch die Verbindung in allen Richtungen befestigt
as Ausgleiten der Gelenke, die Verrenkung derselben, mehr
minder erschwert wird. Je freier ein Gelenk ist, je größeren
raum es besitzt, desto schlaffer müssen auch diese Haltbänder
annt sein und desto leichter sind auch Verrenkungen möglich.
Die innerste Kapsel, welche unmittelbar die Gelenkflächen
lt, bildet stets einen vollkommen hermetisch geschlossenen
der aus festem Fasergewebe gewoben und auf seiner inneren
mit mehr oder minder zähem Schleime überzogen ist, wel-
eständig zwischen die glatten Gelenkflächen eindringt und die
ng derselben auf ein sehr geringes Maß beschränkt.

Eine nothwendige Folge des hermetischen Verschlusses der
Kapseln ist die Ausschließung der atmosphärischen Luft, die
llung eines Raumes im Inneren der Gelenke, welcher keine
sondern nur Flüssigkeit enthält und somit keinen Gegendruck
iben im Stande ist. Es ist bekanntlich der Druck der Luft,

welcher das Wasser in einer luftleer gemachten Röhre 32 Fuß hoch emportreibt, welcher einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält; in unserem Körper erhält der Druck der Luft die Gelenkflächen in unmittelbarer Berührung, und die Größe der einzelnen Gelenkflächen ist so berechnet, daß der Luftdruck, welcher darauf ausgeübt wird, allen daran aufgehängten Theilen das Gleichgewicht hält. Man hat diesen Satz namentlich an dem Hüftgelenke auf die überzeugendste Weise dargethan und durch Versuche bewiesen, daß beim Schweben des Beines in freier Luft weder die Muskeln noch die Bänder dasselbe halten, sondern einzig der Druck der Luft auf das Hüftgelenk hinreicht, dasselbe fest am Becken schwebend zu erhalten. Legt man einen Leichnam auf den Bauch, so daß die Beine frei schwebend von dem Tische herabhängen, und trennt nun durch einen Kreisschnitt sämmtliche Muskeln bis auf die Bänder des Hüftgelenkes und bis zur Kapsel desselben, so hängt das Bein noch eben so fest im Hüftgelenke, als zuvor. Die Gelenkflächen des Kopfes einerseits und der Pfanne anderseits sind sogar so genau auf einander gepaßt, daß man die Kapsel selbst einschneiden kann, ohne daß das Bein aus dem Gelenke herausfällt. Bohrt man aber von innen, von dem Unterleibe aus, ein Loch in das Gelenk ein, so dringt in dem Augenblicke, wo der Bohrer die innere Gelenkfläche durchstößt, die Luft mit zischendem Geräusche ein und der Gelenkkopf sinkt aus seiner Pfanne heraus, so weit als es das im Inneren des Gelenkes angebrachte sogenannte runde Band des Hüftgelenkes gestattet, welches von der Spitze des Gelenkkopfes zu dem tiefsten Punkte der Pfanne geht. Drückt man nun das Bein, indem man es aufhebt, wieder in die Pfanne hinein und schließt das im Becken angebrachte Bohrloch mit dem Finger, so bleibt das Bein von neuem schwebend hängen und der schließende Finger wird von dem Bohrloche, wie von einem Schröpfkopfe angezogen. Im Augenblicke, wo der Finger entfernt wird, fällt das Bein herab. Man hat die Versuche in der Art wiederholt, daß man das Schenkelgelenk herauspräparirte, den Oberschenkel absägte, die Beckenknochen rund herum wegnahm, so daß nur die beiden durch

ıs Gelenk verbundenen Knochenstücke überblieben, und nun das
ganze unter die Glocke der Luftpumpe brachte, nachdem man
ı den Schenkelknochen ein paar Pfundsteine aufgehängt hatte.
er Schenkelkopf war fest im Gelenke eingefügt; sobald man
r auspumpte und einen luftleeren Raum erzeugte, sank
aus den Gelenkhöhlen heraus; ließ man von Neuem Luft zu,
stieg er wieder in die Höhe, und man konnte so das abwech-
lde Spiel des Auf- und Absteigens des Schenkelkopfes in
lem Gelenke wiederholen, je nachdem man Luft auspumpte,
r zuließ.

Berechnet man, nach der Größe der Oberfläche des Hüft-
nkes, die Größe des Druckes, welchen die Luft auf dasselbe
übt, so zeigt sich, daß derselbe etwa 22 bis 25 Pfund beträgt,
hrend ein Bein im Durchschnitte 18 bis 20 Pfunde wiegt.
i gewöhnlichem Luftdrucke hält demnach der auf das Hüft-
nk ausgeübte Druck der Luft dem Gewichte der Extremität
Gleichgewicht, und es bedarf durchaus keiner Anstrengung
ı Seite der Muskeln, um das Bein schwebend zu erhalten.
iche Verhältnisse finden sich am Kniegelenke, am Oberarme,
den Fuß- und Handgelenken verwirklicht; überall sind die
pseln der Gelenke hermetisch abgeschlossen und überall die
öße der Oberflächen in ein bestimmtes Verhältniß zu dem Ge-
chte der Theile gebracht, welche daran aufgehängt sind, so daß
t bei Vergrößerung des an den Gelenken bewirkten Zuges
le entsprechende Thätigkeit der Muskeln und Bänder zur An-
anderhaltung der Gelenkflächen nöthig wird.

Betrachtet man das Skelett des Menschen (siehe Fig. 24,
398) im Vergleich zu demjenigen der Säugethiere, so stellt
) schon in der Anfügung der einzelnen Knochen und ihren
rhältnissen zu einander die wesentliche Beziehung zu dem auf-
hten Gange heraus. Das Gelenk zwischen dem Hinterhaupte
d dem ersten Halswirbel, welches das Vor- und Rückwärts-
igen des Kopfes vermittelt, ist bei gut entwickeltem Schädel
angebracht, daß sich der Kopf förmlich auf seiner Unterlage
ancirt. Die leichte Krümmung der Halswirbelsäule nach vorn



t das Ihrige dazu bei, den so im Gleichgewichte schwebenden
f in der allgemeinen Schwerlinie des Körpers zu erhalten.
Rückenwirbelsäule zeigt im Gegentheile eine Krümmung
hinten; die Lungen und das Herz, sowie der ganze Rip-
orb, sind an der vorderen Fläche der Wirbelsäule angebracht
würden ein Ueberkippen der Schwerlinie nach vorn bedin-
wenn nicht durch diese Einbiegung entgegengewirkt wäre.
Becken endlich schließt sich die Bauchhöhle nach unten,
rend zugleich durch die Krümmung der Schwanzwirbelsäule
m für die Eingeweide hinter der Schwerlinie geschafft wird.
ch alle diese Einrichtungen wird denn als Endresultat die
der Schwerlinie des Oberkörpers so hergestellt, daß sie
der Profilstellung des Menschen senkrecht durch den Schen-
ochen läuft. Die vorderen Extremitäten, zur Ausführung
rer Bewegungen, nicht aber, wie bei allen Vierfüßern, zum
gen des Rumpfes bestimmt, sind überall mit viel freieren
nken und größerer Beweglichkeit der einzelnen Knochenstücke
n einander ausgerüstet. Bei den Beinen dagegen wiegt in
reinstimmung mit ihrer Bestimmung zum Tragen des Kör-
die Festigkeit und die damit zusammenhängende größere
rrheit der Gelenke vor der freieren Beweglichkeit vor. Die
ngenden Thiere, bei welchen andere Verhältnisse obwalten,
genommen, hat der Mensch das längste und stärkste Bein im
hältniß zu der vorderen Extremität, und der eigenthümliche
rakter des menschlichen Knochenbaues ruht, wie man in
rer Zeit sehr schön nachgewiesen hat, in keinem anderen
ile so sehr, als in dem Fuße. Die menschliche Hand ist
eigenthümliches Gebilde; die Hände der menschenähnlichen
n sind durchaus eben so frei beweglich, zu eben so kunst-
en Combinationen geeignet, als die Hand des Menschen;
Arm aber ist meistens länger im Verhältniß zu den Beinen,
bei dem Menschen, was mit der Lebensart auf Bäumen
der Stellung als Kletterthier zusammenhängt. Hierauf
ht auch die Ausbildung des hinteren Affenfußes zur Hand,
manche Naturforscher irriger Weise für einen Vorzug

haben ansehen wollen. Durch die enge Verbindung seiner Zehen, die gewölbartige Zusammenfügung der Mittelfußknochen, die eigenthümliche Anordnung des Fußgelenkes unterscheidet sich der Mensch eben so scharf und bestimmt von allen anderen Thieren, als durch die Ausbildung der knöchernen Gehirnkapsel, und durch diese Bildung allein ist es ihm möglich, den aufrechten Gang als normale Stellung zu behaupten, während alle übrigen Thiere nur ausnahmsweise und auf kurze Zeit sich in dieser Stellung erhalten können.

Durch ihre eigenthümliche Struktur bilden die Knochen bei den Bewegungen die starren Hebel, an welchen die Muskeln gleich Zugseilen arbeiten. Von sich aus kann ein Knochen sich nie bewegen; es gehören hierzu besondere Fasern, welche der Zusammenziehung fähig sind und deren Bündel eben mit dem Namen der Muskeln oder im gemeinen Leben des Fleisches belegt werden. Jedermann kennt das faserige Gewebe dieser Theile; eben so bekannt ist einem Jeden, daß die Fasern eines Muskels stets in derselben Richtung parallel neben einander liegen, und daß man demnach einen Muskel nicht mit Unrecht einem Bündel von einzelnen Fasern vergleichen kann, die durch eine gemeinschaftliche zellgewebige oder sehnige Hülle zu einem Ganzen vereinigt sind und zwischen denen die Blutgefäße und die Nerven verlaufen. Betrachtet man die letzten Fasern, in welche sich die rothen Muskeln unter dem Mikroskope spalten lassen, so sieht man, daß eine jede derselben von einer einfachen, glashellen, dünnen und höchst zarten Scheide gebildet wird, in welcher wieder ein Bündel von feinen Fäden steckt, so daß das Ganze etwa wie Zündhölzchen in einer langen Schachtel aussieht. Auf der Hülle zeigen sich äußerst feine, oft wellenförmige dunkle Querstreifen, welche durch solche Mittel, die eine Gerinnung des Eiweißes veranlassen, wie z. B. Weingeist, stärker hervortreten. Da diese **Querstreifen** überall bei den höheren Thieren mit großer Evidenz hervortreten, so hat man deshalb auch die Muskeln dieser Art überhaupt die quergestreiften Muskeln genannt. Ueber die Bildung der in der Scheide steckenden letzten Fädchen

herrschen noch manche Zweifel. Viele Forscher glauben, daß sie aus einfacher homogener Substanz bestehen; — andere dagegen, gestützt auf das Zerfallen der Muskelfasern in einzelne Stücke nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien, sind der Ansicht, daß diese letzten Fädchen aus einzelnen Körnchen bestehen, welche durch eine leichter auflösliche Zwischensubstanz gleichsam zusammengeleimt seien und somit auch leicht in einzelne Stücke zerfallen. Jede Faser ist in den quergestreiften Muskeln unabhängig; nur am Herzen findet man zuweilen Verbindungen zweier Fasern mit einander. In der eigenthümlichen Contraktilität dieser Fasern beruht nun die Zusammenziehung dieser Muskeln, durch welche die einzelnen Knochen in verschiedene Stellungen zu einander gebracht und so die Bewegungen ausgeführt werden. Die Muskelfasern selbst heften sich theils direkt, theils durch die vermittelnden Fadenstränge der Sehnen an die Knochen selbst an. Die Sehnenfasern können sich selbstständig nicht zusammenziehen; sie dienen hauptsächlich zur Uebertragung der ziehenden Kraft an ferne Orte, wo das Volumen der Theile nicht allzu sehr vermehrt werden soll. So ziehen die Muskelmassen des Vorderarmes durch die dünnen, über das Handgelenk laufenden Sehnen an der Hand selbst und an den Fingern; die Muskeln des Unterschenkels in ähnlicher Weise an den Knochen des Mittelfußes und der Zehen.

Untersucht man die Muskelfaser unter dem Mikroskope im Augenblicke der Zusammenziehung, so sieht man die feinen Querstreifen, welche die Hülle darbietet, näher aneinander rücken, sich stärker runzeln und dadurch offenbar andeuten, daß die Elemente der Fasern sich stärker zusammenschieben und in sich verkürzen. Die feinen Querrunzeln der Hülle, welche alle willkürlichen Muskelfasern der höheren Thiere so constant zeigen, daß man sie auch deshalb quergestreifte Muskelfasern genannt hat, finden sich überhaupt nur dann deutlich ausgesprochen, wenn die Faser wirklich einigermaßen zusammengezogen ist, und je größer die Zusammenziehung, desto deutlicher ist auch die Querrunzelung, während vollkommen schlaffe Muskelfasern eine fast glatte,

[illegible] Scheibe darbieten. Bei kleinen durchsichtigen Thieren, die man ganz ohne Verletzung unter das Mikroskop bringen kann, z. B. jungen Fischlein, lassen sich diese Verhältnisse auf das Deutlichste beobachten. Meist sieht man auch bei stärkerer Zusammenziehung wellenförmige oder Zickzackbiegungen der einzelnen Muskelfasern, welche früher als der Ausdruck der wirklichen Zusammenziehung angesehen wurden. Jetzt hat man sich überzeugt, daß diese Biegungen entweder durch vereinzelte Zusammenziehungen benachbarter Muskelfasern entstehen, bei welchen die noch ausgedehnten Fasern eingeknickt werden, oder daß sie eine Folge der Elasticität sind, welche mit der lebendigen Zusammenziehung in Kampf tritt. Bei dieser letzteren wird die Muskelfaser in allen ihren Querdurchmessern bedeutender, während ihr Längsdurchmesser abnimmt. Der vorher lang ausgedehnte Muskel wird breiter, dicker, schwillt bedeutend an und erscheint beim Anfühlen hart und fest; an der innern Muskelmasse des Oberarmes, welche den Ellenbogen beugt, hat wohl Jeder schon dies Anschwellen des Muskels an sich selber beobachtet. Man nahm früher zuweilen an, daß bei der Zusammenziehung wirklich eine geringe Verdichtung der Muskelsubstanz vorhanden sei, und daß der zusammengezogene Muskel einen absolut kleineren Raum einnehme, als im Zustande der Erschlaffung; genauere Versuche haben indeß nachgewiesen, daß eine solche Condensation wirklich nicht Statt finde, und daß der Muskel demnach an Breite und Dicke gewinne, was er an Länge bei der Zusammenziehung verliert.

Die Zusammenziehung ändert die molekulare Beschaffenheit der Muskelmassen in jeder Weise. Die Härte, welche der zusammengezogene Muskel darbietet, rührt nur von der Spannung seiner Fasern, nicht von einer Verdichtung seiner Masse her, die in der That, wie genauere Beobachtungen nachgewiesen haben, im Gegentheile weicher wird. Nicht minder ändern sich auch die elektrischen Verhältnisse. Die Längenfläche eines ruhenden Muskels ist stets positiv, der natürliche oder künstliche Querschnitt desselben dagegen negativ elektrisch, so daß in dem

Muskel gewissermaßen beständig ein schwacher Strom von den positiven Seiten der Moleküle nach den negativen Enden geht. Man kann deshalb auch eine wahrhafte galvanische Kette in der Weise construiren, daß man geeignete Muskelmassen, wie z. B. diejenigen des Oberschenkels des Frosches, so in einander schachtelt, daß der Querschnitt des einen Stückes die Außenfläche des nächsten berührt. Eine solche aus lebendigen Muskeln gebaute Schenkelsäule wirkt wie eine schwache galvanische Säule, welche einen präparirten Froschschenkel zur Zusammenziehung bringen kann. In den zusammengezogenen Muskeln dagegen ist dieser Molekularstrom so geschwächt, daß seine Anwesenheit kaum noch nachzuweisen ist.

Die willkürliche Zusammenziehung steht unter dem Einflusse der Nerven, welche zu den Muskeln gehen und deren Primitivröhren sich zwischen den einzelnen Fasern derselben in Endschlingen durchschlängeln. Sobald ein Muskelnerve durchschnitten ist, so daß sein Zusammenhang mit dem Centralnervensysteme aufgehoben ist, hört, wie schon oben angeführt wurde, der Einfluß des Willens auf denselben gänzlich auf. Reizt man nun das periphersche Ende des Nerven, welcher noch mit dem Muskel zusammenhängt, so zieht sich dieser zusammen, ganz so, wie wenn der Wille auf ihn eingewirkt hätte. Läßt man das Glied, welches mittelst Durchschneidung seiner Nerven gelähmt wurde, ruhig, so verliert sich allmählich die Reizbarkeit von dem Stamme nach der Peripherie hin. Anfangs zieht sich der Muskel noch jedesmal zusammen, wenn der Nervenstamm gekneipt wird; später erfolgt Zuckung nur auf Anwendung der galvanischen Elektricität, welche unter allen Reizen der wirksamste für die Muskelnerven ist; nach einiger Zeit muß die galvanische Reizung auf die feineren Zweige applicirt werden, wenn sie wirksam sein soll, und zuletzt muß der Muskel selbst unmittelbar von den Drähten der galvanischen Kette berührt werden, um noch schwache Zuckungen zu veranlassen, die endlich auch verschwinden, so daß der Muskel dann durchaus unthätig ist und auf keinerlei Weise mehr reagirt.

Die Ernährung der Muskeln, welche auf diese Weise gelähmt wurden, leiden auf die mannichfachste Weise. Sie werden blaß, schlaff, schwinden allmählich, und man kennt sogar Beispiele, wo sie gänzlich in Fett umgewandelt und vernichtet wurden. So wie aber bei dem gesunden Menschen durch Uebung die Muskeln stärker und kräftiger werden, ihre Ernährung besser von Statten geht, so geschieht es auch bei Gliedern, deren Nerven durchschnitten wurden. Leitet man durch solche gelähmte Glieder täglich galvanische Ströme, um Zuckungen zu veranlassen und die Muskeln nicht durchaus in Unthätigkeit zu lassen, so erhält sich die Reizbarkeit derselben weit länger, ja sie verschwindet durchaus gar nicht und der Muskel bleibt in gleichmäßiger Ernährung, ohne zu erblassen und zu schwinden.

Wenn schon diese Thatsache darauf hinweist, daß die Reizbarkeit der Muskelfaser eine ihr eigenthümlich inwohnende Lebenserscheinung ist, welche nur durch die Nervenreize in Thätigkeit versetzt wird; so erscheint dies noch deutlicher durch den Einfluß nachgewiesen, welche die Abschneidung der Muskelernährung auf die Reizbarkeit hat. Ein Thier, dessen Bauchschlagader unterbunden ist, läuft anfangs noch ganz ordentlich — nach kurzer Zeit aber beginnt es zu schwanken, und bald erscheint es eben so vollständig an beiden Hinterfüßen gelähmt, als wenn man ihm die Nerven derselben durchschnitten hätte. Anfangs bringen galvanische Reizungen noch Zuckungen in den Extremitätenmuskeln hervor, nach einiger Zeit aber nicht mehr, und wenn man vergleichende Versuche an demselben Thier macht, indem man an dem einen Fuße den Blutkreislauf, den Träger aller Ernährung, aufhebt, an dem andern hingegen den Nerven durchschneidet, so zeigt sich, daß der durch Unterbindung der Gefäße und durch Abschluß aller Blutzufuhr gelähmte Fuß bei weitem schneller seine Reizbarkeit verliert, als der durch Nervenzerschneidung gelähmte.

Die Fähigkeit der Zusammenziehung ist demnach eine mit der Muskelfaser unzertrennlich verbundene Lebenseigenschaft, die ihr nicht erst durch die Nerven ertheilt wird; die Nerven dienen

lich dazu, dieselben unserem Willen zu unterwerfen, indem von dem Centralnervensystem ausgehende Impuls zur Bewung auf die Muskeln übertragen wird.

Fragen wir nun nach den mechanischen Bedingungen, welche em Körper zur Vermittelung der Bewegung realisirt sind, rgiebt sich vor allen Dingen ein leicht vorauszusehendes Verniß zwischen den Knochen und Muskeln. Erstere können h Stützpunkten und Hebeln betrachtet werden, an welchen die keln wie Zugseile befestigt sind, und meist sogar tritt das hältniß ein, daß je nach Bedürfniß oder Zufall der eine hen als Stützpunkt dient, auf welchem der andere sich be-, und daß wieder in andern Momenten derjenige Knochen, her vorher festgestellt war, als bewegender auftritt und der re die Rolle des stützenden übernimmt. Strecken wir, wähwir im Lehnsessel sitzen, den Fuß gerade aus, der auf dem en stand, so bewegt sich der Unterschenkel auf dem festgeen Oberschenkel; stehen wir dagegen von dem Stuhle auf, ird das Unterbein festgestemmt, der Oberschenkel auf demn bewegt und so der Körper in die Höhe gehoben. Selten treten solche Verhältnisse ein, wie an den meisten Gesichtskeln, wo nur das eine Ende der Muskelfasern fest an Knogeheftet ist, während das andere frei an der Haut und an hen verschiebbaren Theilen sich endet, und demnach auch nur egung an dem einen Ende des Muskels als Endresultat der mmenziehung auftreten kann. Endlich giebt es nur einige ge Muskeln am menschlichen Körper, welche fast vollkommene je darstellen und zum Verschließen und Oeffnen von einigen nungen angebracht sind, wie am Munde und After, wo die e Spalte durch die gleichförmige Zusammenziehung von allen en zugeklemmt werden kann.

Ein altes Vorurtheil zieht sich noch durch manche Ansichten die Art und Weise, wie man sich die Anheftung der Musan den Knochen angeordnet denkt. Die Knochen bilden rlicher Weise in den meisten ihrer Bewegungen wahre Hebel, die Gesetze ihrer Wirkung sind durchaus dieselben, wie bei

der auf andere Weise construirten Hebeln, die wir in der Mechanik gebrauchen. So bildet unser Vorderarm einen einseitigen Hebel, dessen Unterstützungspunkt in dem Ellenbogen gegeben ist, und wo auf der anderen Seite, die Muskeln, zwischen dem Unterstützungspunkte und dem Punkte, wo die Last angebracht ist, sich anheften. Es würde zu weit führen, hier auf die Gesetze des Hebels einzugehen, welche der reinen Statik und Mechanik, der Betrachtung aber nur in so fern angehören, als dieselben Gesetze an der Maschine des Körpers in Ausführung gekommen sind; aber erwähnen müssen wir, daß schon aus dem angeführten Beispiele erhellt, wie die Natur die Muskeln meist unter den ungünstigsten Verhältnissen für die Kraftentwickelung angebracht hat. Wenn wir eine Last mit möglichster Ersparniß von Kraft in die Höhe heben wollen, so bringen wir sie auf einen möglichst kurzen Hebelarm und vermehren in wachsender Proportion unsere Kraft, indem wir diese Kraft an einem langen Hebelarme anbringen; wollen wir einen Stein, welcher der Anstrengung von zehn Männern nicht weichen würde, allein fortwälzen, so schieben wir die Spitze einer langen Stange unter seine Kante und stützen die Stange unmittelbar auf einen kleineren Stein, während wir an dem langen Ende der Stange unsere Kraft wirken lassen. Wollen wir ein Gewicht an einem einarmigen Hebel in die Höhe ziehen und dabei Kraft ersparen, so hängen wir das Gewicht so nahe als möglich an den Befestigungspunkt des Hebels und ziehen an dem andern Ende. So hat die Natur in unserem Körper nicht verfahren. Die Muskeln sind im Gegentheile meist in der Art angebracht, daß sie eine ungeheuere Kraft verschwenden müssen, um eine kleine Wirkung hervorzubringen. Wir wissen dies schon aus unserer täglichen Erfahrung. Ein Sack, den wir in der Hand tragen sollen bei gekrümmtem Arme, ermüdet uns bald; hängen wir denselben um die Mitte des Armes, so ermüdet er schon weniger, und in dem Ellenbogengelenke selbst können wir ihn eben so viele Stunden tragen, als wir ihn Minuten in der ausgestreckten Hand gehalten hätten. Man hat diese Verhältnisse genauer berechnet und gefunden, daß die Waden-

muskeln eines Mannes, der auf dem einen Fuße stehend die Ferse emporhebt und sich auf die Zehen stellt, achtzigmal mehr Kraft entwickeln müssen, als ihre Wirkung beträgt, daß sie mithin statt 140 Pfund, die wir als Gewicht des Mannes annehmen wollen, in Wahrheit ein Gewicht von 11,200 Pfunden tragen. Man sieht aus diesem einzigen Beispiele, welches man bedeutend vervielfältigen könnte, daß es der Natur durchaus nicht darauf ankam, Kraft zu sparen, und daß die kleinen Vortheile, welche sie durch Ausbildung von Knorren und Vorsprüngen erzielt, gar nicht in Betracht kommen gegen eine wahre Verschwendung, welche auf der andern Seite Statt findet.

Es liegt meistens in dem Bereiche unseres Willens, ob wir einen Muskel allein oder in Gesellschaft mit einigen andern wirken lassen wollen. Viele Bewegungen, und gerade die wichtigeren, beruhen aber auf dieser gemeinschaftlichen Wirkung der Muskeln und auf der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Zusammenziehung eines jeden einzelnen Muskels. Oft verlangt eine solche regelmäßige Folge von einzelnen Bewegungen, welche eine combinirte Bewegung hervorbringen sollen, ziemliche Uebung, zumal wenn die Bewegung stätig und nicht in einzelnen Absätzen ausgeführt werden soll. Nur Wenigen möchte es gelingen, ein mit Wasser gefülltes Glas im Kreise herum zu führen, ohne davon zu verschütten; es gehört eben zu dieser Bewegung ein allmähliches Ueberführen des Willens von einem Muskel zum andern, wodurch jeder zuckende Anstoß, jeder Anhalt vermieden wird, und diese Bedingung läßt sich erst nach einiger Uebung erfüllen. Es giebt indessen manche combinirte Bewegungen, die von Anfang an mit einander unauflöslich verknüpft scheinen und über welche die Vereinzelung des Willens keine Kraft auszuüben vermag. Die meisten Combinationen eignen wir uns erst durch die allmähliche Gewohnheit an; wir lernen gehen, laufen, schwimmen erst nach längerer Uebung und Anstrengung; alle diese erst erzogenen Combinationen sind wir ebenfalls durch Uebung fähig, wieder zu zersetzen und in ihre Einzelbewegungen zu zerlegen. Die meisten Menschen können bei gestreckter Hand den Ringfinger

oder den kleinen Finger nicht allein beugen; die Uebung am Claviere lehrt sie bald, einen jeden Finger allein zu gebrauchen. Jede längere Uebung in gewissen Bewegungen bedingt allmählich eine Gewöhnung an diese wiederkehrenden Combinationen, die zuletzt unbewußt werden, die aber eben so leicht wieder durch Angewöhnung anderer Combinationen vertilgt werden können. Die relative Geschicklichkeit in allen Handwerken und Gewerben beruht größtentheils auf diesem Grundsatze der allmählichen Bildung von Bewegungscombinationen. Der Arbeiter, welcher heute in ein Geschäft eintritt, das er noch nicht kennt, bringt bei dem besten Willen und der größten Anstrengung nicht so viel vor sich, als der Geübte, welcher seit Jahren das Handwerk treibt. Der eine muß die nöthigen Combinationen durch den speciell auf jeden einzelnen Muskel gerichteten Willen hervorbringen, während bei dem Andern die combinirten Bewegungen in ihrer Reihenfolge ausgeführt werden, ohne daß es einer besondern Aufmerksamkeit von seiner Seite bedarf.

Zu den gewöhnlichsten combinirten Bewegungen gehört das Gehen, dessen mechanische Bedingungen durch ausgezeichnete Untersuchungen vollständig erörtert sind. Bei dem ruhigen Stehen auf zwei Füßen ruht unser Oberkörper auf den säulenartig stützenden Beinen in der Art, daß seine Schwerlinie zwischen die beiden Fersen fällt. Natürlicher aber, weniger ermüdend und darum auch wohl als die ungezwungenste Stellung des Körpers ist diejenige zu betrachten, wo der Körper auf den zwei Beinen zwar ruht, aber doch wesentlich nur auf dem einen, hinteren, während das andere etwas vorangestellt ist und so die Schwerlinie, Statt zwischen die Fersen beider Füße, etwa auf den Ballen des hinteren Fußes fällt. Das Gehen beruht auf einer abwechselnden Uebertragung des Körpers auf das eine oder andere Bein, während welcher Uebertragung zugleich die Beine den Ort wechseln und voran sich bewegen. Bei jedem Doppelschritte kommt demnach einmal das linke, einmal das rechte Bein an die Reihe, vorwärts bewegt zu werden, und umgekehrt stützt zuerst das rechte, dann das linke Bein den Körper, während das andere

rwärts schwingt. Das vorwärts sich bewegende, ausschrei-
nde Bein wird etwas im Kniegelenke gebogen, um bei seiner
ewegung den Boden nicht zu berühren, und schwingt nun wie
i Pendel, einzig durch den Druck der Luft getragen, vorwärts,
ihrend das stützende Bein sich vorwärts neigt und der Körper
wörtlich voran fällt. Ehe aber der Körper fällt, hat das
wingende Bein seine Pendelschwingung vollendet, und stützt,
f den Boden stemmend, von neuem den Körper. Nun wird
s hinten gelassene Bein gehoben; zuerst wickelt sich die Ferse,
nn der Ballen vom Boden ab, und bei dieser Abwickelung
rd durch Streckung des Fußes dem Körper eine Wurfbe-
gung ertheilt, wodurch er nach vornen geschleudert wird.
ndem der Körper während dieser Wurfbewegung auf dem
erst ausgeschrittenen Beine stützt, vollzieht das zweite seine
endelschwingung und hält den Körper zu rechter Zeit im
lle auf.

Es ergiebt sich aus dieser Analyse des menschlichen Ganges,
ß derselbe wirklich ein beständiges Vorwärtsfallen des Kör-
rs darstellt, welches eben so regelmäßig durch die vorwärts
wingenden und unterstützenden Beine verhindert wird. Bei
m Gehen findet demnach eine Abwechselung zwischen zwei
omenten Statt. In dem einen beschreibt der Körper, auf das
ie Bein gestützt, eine Wurfbewegung, in dem andern stützt er
h auf beide Beine zugleich. Je langsamer der Schritt ist,
to länger dauert der zweite Moment, desto länger ruht der
umpf auf beiden Beinen; je schneller man geht, desto mehr
rd dieses Moment verkürzt und beim Laufen ist es auf Null
ucirt. Der Lauf unterscheidet sich dadurch vom Schritt, daß
ts nur ein Bein den Körper stützt, daß beide Füße mit einander
llkommen abwechseln, somit der eine in demselben Augenblicke
i Boden verläßt, wo der andere ihn berührt. Die Wurfbe-
gung des Körpers ist natürlich bei dem Laufe viel größer,
d es wird dieser mitgetheilten Geschwindigkeit halber um so
möglicher, sich im Laufe aufzuhalten, als dieser schneller ist.
bald der Lauf schneller wird, giebt es sogar eine gewisse

Zeit, während welcher der Körper frei in der Luft schwebt, ohne auf irgend eine Weise gestützt zu sein, und wo er demnach förmlich, wie beim Sprunge, vorwärts geschleudert ist. Der Lauf ist demnach ein Uebergang vom Gange zum Sprunge, und wir unterscheiden nur deshalb zwischen diesen beiden Bewegungen, weil wir beim Laufe eine Menge kleiner Sprünge zu einer horizontal fortschreitenden Bewegung verbinden, während wir unter Sprung mehr eine einzelne größere Kraftanwendung verstehen, bei welcher wir die verschiedenen Gelenke des Fußes und selbst des Körpers zusammenbeugen, um sie dann gleich gebogenen Federn plötzlich auseinander zu schnellen und dadurch dem Körper eine gewaltige Wurfbewegung zu ertheilen, in welcher dann die Beine nachgezogen werden. Die vertikale Erhöhung, welche der Rumpf beim Sprunge erreichen kann, ist indeß nicht so bedeutend, als man von vorn herein glauben sollte. Ein geübter Springer kann ohne Benutzung von Sprungbrettern und ähnlichen Apparaten, welche durch ihre Federkraft die Wurfbewegung erhöhen, über eine Barriere springen, die so hoch als er selbst ist. Diese Höhe erscheint freilich beträchtlich; bedenkt man aber, daß bei solchem Sprunge die Beine dicht an den Leib angezogen werden, und daß somit von der Höhe des Sprunges die ganze Länge der Beine abgezogen werden muß, so wird unsere Bewunderung um vieles geringer. Die vertikale Höhe, in welche ein Mensch seinen Körper im Sprunge schleudern kann, erreicht im Ganzen höchstens fünf Fuß, und es muß dieselbe nicht nach der Höhe, über welche man setzt, sondern nach der Höhe geschätzt werden, welche der Scheitel erreicht. Der Unterschied zwischen der Höhe des Scheitels bei aufrechtem Stehen und der Höhe, welche der Scheitel im Sprunge erreicht, drückt eigentlich die wahre Sprunggröße aus. Ein Gleiches findet bei den Thieren Statt. Man beobachte ein Reh, einen Hirsch, wenn er über eine Hecke setzt. Die Vorderbeine werden so unter den Leib geschlagen, daß sie fast an den Seiten desselben anliegen, die Hinterbeine, nachdem sie den Schwung gegeben haben, gerade ausgestreckt, so daß die ganze Unterfläche des

Thieres eine horizontale Linie bildet. Gesetzt, der Hirsch hätte drei Fuß lange Beine, so wird er, wenn sein Körper im Sprunge sechs Fuß hoch emporgeschnellt wird, über ein neun Fuß hohes Hinderniß wegspringen können.

Ein Schritt kann im Durchschnitte auf die Länge von zwei Fußen oder 65 Centimetern angenommen werden. Das schnellere Gehen, so wie das Laufen, bringt nicht durch Verlängerung der Schritte, sondern vielmehr durch Beschleunigung derselben eine bedeutende Zeitersparniß bei gleicher Distanz. Man hat berechnet, daß der französische Soldat bei gewöhnlichem Marschiren 76 Schritte in der Minute macht, während der Geschwindschritt 100 und der Sturmschritt 126 Schritte in der Minute zählt. Bei der preußischen Armee dürften des dort eingeführten unnatürlichen Hahnenschrittes wegen diese Verhältnißzahlen etwas geringer ausfallen. Es ergiebt sich daraus, daß der Soldat im gewöhnlichen Schritte etwa zwei und einen halben Fuß in der Secunde zurücklegt, während er im Sturmschritte etwa drei und einen halben Fuß in der Secunde durchmißt. Geübte Läufer sollen vierzehn, andere sogar selbst dreißig Fuß in der Secunde zurückgelegt haben, eine Schnelligkeit, welche fast denen der besten Pferde gleichkommt. Es ist leicht einzusehen, daß die Bewegungen bei solcher Schnelligkeit in anderer Weise ausgeführt werden müssen, als bei den oben angeführten Normalverhältnissen; daß die Schwingung des Beines namentlich in gar keinen Betracht kommen kann und durch Muskelthätigkeit ersetzt werden muß, indem die zur Pendelschwingung erforderliche Zeit viel zu lange dauern würde.

Es würde zu weit führen, wollten wir die übrigen Bewegungen des Menschen eben so behandeln, wie das Gehen. Indem wir diese am Vollständigsten untersuchte combinirte Bewegung auswählten, wollten wir nur zeigen, in welcher Weise solche Combinationen geschehen, und wie der Wille noch einen bedeutenden Einfluß auf dieselben üben kann, indem er im Stande ist, jedes einzelne Moment derselben zu modificiren. Es giebt indessen gewisse Bewegungscombinationen, über welche wir nur

bis zu einem gewissen Grade Herr sind; dahin gehören unter andern die Athem- und Schluckbewegungen. Wir können länger oder kürzer, tiefer oder oberflächlicher athmen, den Athem anhalten oder beschleunigen, ganz nach unserem Belieben, so gut als wir gehen oder laufen, springen oder hüpfen können; allein es ist uns unmöglich, durchaus den Athem anzuhalten, alle Athembewegungen aufzuheben, und wenn es nur auf wenige Minuten wäre. Nach kurzem Anhalten des Athmens tritt Beängstigung, Herzklopfen, Zittern der Glieder ein, und wenn auch der Wille sich noch so sehr dagegen sträubte, er wird überwunden und ein Athemzug vollbracht, der wieder frisch die Respiration bethätigt. Eben so verhält es sich mit den Schluckbewegungen. Dieselben sind durchaus freiwillig; wir können schlucken, wenn wir wollen; wenn aber ein Bissen in die hinteren Theile des Rachens gelangt ist, so mag man sich anstellen wie man will, man muß unwillkürlich schlucken.

Die Emancipirung einzelner Bewegungen vom Willen bleibt indeß nicht bei der theilweisen Befreiung stehen, die wir an den eben angeführten Beispielen sahen, sondern sie geht noch weiter. Es giebt im Körper eine ganze Reihe von Bewegungen, die durchaus der Herrschaft unseres Willens entzogen sind. Die Bewegungen des Herzens, der Gedärme, der ausführenden Gänge der Drüsen gehören zu dieser Klasse der unwillkürlichen Bewegungen, welche auch meist durch eigenthümliche Muskelfasern bedingt werden. Das Herz besitzt noch Muskelfasern mit quergestreifter Scheidenhülle; der Darm hingegen, die Drüsengänge zeigen nur einfache Primitivfäden, welche nicht bündelweise in Scheiden eingehüllt sind und deshalb auch keine Querstreifen zeigen. Wir haben schon oben gesehen, daß diese Bewegung in Folge der eigenthümlichen Stellung des sympathischen Nervensystemes auch in ganz besonderen Beziehungen zu dem Centralnervensysteme und den peripherischen Ausstrahlungen desselben steht. In der regelmäßigen Fortsetzung der wurmförmigen Bewegungen von oben nach unten, der Zusammenziehungen des Herzens von den Vorhöfen nach den Kammern,

muß man ähnliche nothwendige Combinationen erkennen, wie diejenigen, welche wir so eben bei den willkürlichen Muskeln erwähnten.

Durch die tanzenden Tische und die Klopfgeister ist man in der neuesten Zeit auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam geworden, die lediglich von der Thätigkeit des Muskelsystemes abhängen. Der Wille übt auf die Muskeln einen ähnlichen Einfluß, wie der galvanische Strom : er dient als Reiz, um eine Zuckung hervorzubringen. Eine jede stetige Bewegung, die wir auszuführen haben, ein jedes Verharren in irgend einer Muskelzusammenziehung beruht eigentlich nur in einer Reihe kleinerer Zusammenziehungen, deren Spielraum die von uns selbst gesetzte Gränze nicht überschreitet. Die dauernde Contraction eines Muskels oder einer Muskelgruppe läßt sich demnach mit dem Starrkrampfe vergleichen, der in Folge der Einwirkung einer elektrischen Rotationsmaschine oder eines Magnetelektromotors deshalb eintritt, weil die einzelnen elektrischen Schläge, die eine Zuckung veranlassen, zu schnell auf einander folgen, um eine zwischenliegende Erschlaffung zu gestatten. Die dauernde Zusammenziehung eines Muskels ist ebenfalls nur eine Summirung solcher in sehr geringer Zeit auf einander folgender Willensstöße, welche keine zwischenliegende Erschlaffung aufkommen läßt. Man kann sich hiervon auf das Deutlichste überzeugen, wenn man nur die Zusammenziehung so lange anhalten läßt, daß Ermüdung eintritt. Die Reizbarkeit der Muskeln, die Leitungsfähigkeit der Nerven, vielleicht auch die Empfänglichkeit derjenigen Hirnstelle, von welcher der Willensanstoß ausgeht, erschöpfen sich allmählich, und Statt des anhaltenden Starrkrampfes treten gewissermaßen Wechselkrämpfe ein. Die einzelnen Willensstöße werden langsamer, der Muskel antwortet langsamer darauf; dieselbe Bewegung, die früher stetig war, wird zitternd, unstet und zeigt deutlich ihre Zusammensetzung aus einzelnen Contractionen. Bei noch stärkerer Ermüdung bedarf es einer Ueberwindung des Willens, um diese Wechselzusammenziehungen zu

heben. Die Willen erzeugende Hirnstelle kommt in einen Zustand krankhafter Ueberreizung.

Die Anwendung dieser unmerklichen, in geringen Zeitfolgen rasch sich folgender Bewegungen auf ein günstiges Kraftmoment, indem man die Contraktionen mehrerer Personen summirt, liegt bei unerfahreneren Tischdrehern der Erscheinung zu Grunde. Man muß hier mit ausgespreizten Händen, in unbequemer Stellung so lange warten, bis die erste Periode der Ermüdung, die zeitlich wahrnehmbaren Muskelstöße eintreten. Das Schließen der Kette durch Berührung der Finger und die übrigen Vorsichtsmaßregeln dienen nur dazu, durch Häufung der Unbequemlichkeiten und durch Fesselung der Aufmerksamkeit diese Periode schneller herbeizuführen. Die Uebertragung dieser kleinen Kräfte auf den Tisch zur Erzeugung eines mechanischen Kraftmomentes ist jetzt zu genau nachgewiesen, als daß es in dieser Beziehung weiterer Ausführung bedürfte.

Hierzu kommt noch, und namentlich bei Erfahrenen und Geübten, ein zweites Moment: die unbewußte Herrschaft unseres Willens über unsere Bewegungen, der erste Grad einer Kette von Erscheinungen, die auf ihrem Endpunkte an dem Schlafwandeln ankommen. Jeder feste Willensvorsatz übt einen solchen Einfluß aus, daß er auch unbewußt die Bewegungen in gewisser Weise beherrscht. Je nervenschwacher, reizbarer die Personen sind, desto leichter tritt dieser unbewußte Willenseinfluß hervor, und ihm ist es zu verdanken, daß die Tische durch Klopfen Vorstellungen und Gedanken von Personen, welche betheiligt sind, in für Laien überraschender Weise kund geben. Darum ist es jetzt eine festgestellte Thatsache, daß die Tische nur in solchen Sprachen reden und Antwort geben, welche von den Anwesenden oder wenigstens Einem der Anwesenden verstanden werden; daß sie aber stumm bleiben oder nur sinnlose Buchstaben abklopfen, wenn sie in deutscher Gesellschaft russisch oder arabisch antworten sollen.

Dies die einfachen Gründe der Erscheinungen, auf welche gestützt unsägliche Narrheit auf's Neue den Weg durch die ganze

selt gemacht und damit den Beweis geliefert hat, daß der
nverstand und die Unfähigkeit, Thatsachen als solche aufzufassen
id ihrem Wesen nach zu untersuchen, noch immer bei dem
Lenschengeschlecht vorwiegen und den Hemmschuh der weiteren
ntwickelung bilden. Auch bei dieser Gelegenheit hat man sich
ieder überzeugen müssen, daß der Aberwitz desto weiter sich
:rbreitet und desto längere Geltung behält, je weiter er sich von
der vernünftigen Grundlage entfernt, und daß der Grundsatz
:s heiligen Augustin »credo, quia absurdum« noch immer
e unbewußte Richtschnur der auf verfehlter Grundlage Erzo-
:nen bildet. Von den Betrügereien, die bei all diesen kleinen
amiliencomödien mit unterlaufen, und die um desto sicherer
:übt werden, je weniger erstaunte und betroffene Verwandte sich
»r ihnen in Acht nehmen, will ich ganz schweigen. Meiner
:rfahrung zufolge sind es junge, in der Geschlechtsentwickelung
:griffene Mädchen, welche die ausgezeichnetsten »Media« für
lche Farcen bilden. Man braucht aber nur einigermaßen in
:r Geschichte der medicinischen Täuschungen und auch in der
:richtlichen Medicin bewandert zu sein, um zu wissen, welch
nerschöpflicher Schatz von Espièglerie auch in den unschuldigst
:scheinenden Mädchen dieses Alters verschlossen ist.

Zum Schlusse dieses Briefes sei noch kurz einer eigenthüm-
chen Erscheinung erwähnt, deren Existenz eigentlich nur bekannt
t, ohne daß wir uns einen Begriff von ihrem Nutzen machen
nnten. Ich meine die sogenannte Flimmer- oder Wimper-
ewegung. Die Schleimhaut der Nase, der Luftröhre, der
:neren weiblichen Geschlechtstheile ist beim Menschen von einer
genthümlichen Lage einer Oberhaut überzogen, die aus kleinen
ellen besteht, deren jede mehrere unendlich kleine Wimperhaare
ägt, welche in beständig schwingender Bewegung sind. Nur die
erstörung der Zelle oder der Wimpern hemmt die Bewegung,
der andere Einfluß ist unwirksam; sie hängen weder von dem
ervensysteme, noch von dem Kreislaufe ab; die Wimpern ab-
schabter, isolirter Zellen flimmern so lange fort, bis die Zelle

sich zu zersetzen anfängt. In dem Thierreiche ist diese Erscheinung ungemein weit verbreitet, und man kann wohl sagen, daß um so mehr Oberflächen des Thieres flimmern, je tiefer das Thier selbst in der Reihe steht. Das Phänomen ist indeß nicht bloß auf das Thierreich beschränkt; die Samenkörner oder Sporen der meisten niederen Wasserpflanzen, der Algen und Tange besitzen ebenfalls einen Ueberzug von Flimmerhaaren, womit sie sich sehr behende im Wasser nach allen Richtungen hin bewegen, und zwar in einer Art bewegen, daß die Zweckmäßigkeit und man möchte fast sagen die Willkürlichkeit dieser Bewegungen kaum in Abrede zu stellen ist. Die willkürliche Bewegung mittelst eigener Bewegungsorgane war bisher das letzte Criterium für den Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen in jedem Bereiche der niedersten Geschöpfe, wo die beiden sonst so verschiedenen Typen der organischen Wesen einander die Hand zu reichen scheinen; die Beobachtungen der letzten Zeit haben dieses früher so leicht erfaßliche Kennzeichen untauglich gemacht. Es ist wahrlich unmöglich, an den Bewegungen allein zu unterscheiden, ob man die Spore einer Alge oder ein grünes Infusionsthierchen vor sich habe; erst wenn man die Algenspore sich setzen und fadenartig verlängern sieht, erst dann erkennt man ihre pflanzliche Natur. Das Beispiel des größten Infusorienkenners unserer Zeit beweist, wie unmöglich die aus der Bewegung entnommene Unterscheidung ist. Sein Buch wimmelt von pflanzlichen Organismen, die als Thiere beschrieben sind.

Bei vielen niederen Thieren ist die Flimmerbewegung das einzige Bewegungsmittel; bei andern bewegt sie die Nahrungsmittel im Innern des Darmes, das Blut im Innern der Gefäße. Auch bei dem Menschen muß auf der Oberfläche der flimmernden Schleimhäute ein beständiger Strom Statt finden, da die Wimperhaare, welche sich auf einer Membran befinden, nach derselben Richtung hin schlagen. Man hat geglaubt, daß dieser Strom die Beförderung des Schleimes nach Außen übernehmen könne,

daß er auf anderen Häuten durch Beförderung von außen nach innen besondere Zwecke erfülle; allein es hat sich gezeigt, daß er meist in entgegengesetzter Richtung lief, als man voraussetzte. Bis jetzt kann man nicht einmal eine Vermuthung haben, weshalb die Natur einzelne Schleimhäute mit solcher Flimmerbewegung versehen habe und andere nicht; der Zweck derselben ist uns gänzlich unbekannt.

Siebzehnter Brief.

Die Stimme und Sprache.

Die Veredlung des Menschengeschlechtes, seine selbstständige Fortbildung ist einzig möglich gemacht worden durch die Fähigkeit, mittelst der Sprache die Gedanken mittheilen zu können, welche dadurch Gemeingut Aller werden müssen, während sie bei den Thieren größtentheils im Besitze des Individuums eingeprägt, mit der Vernichtung desselben untergehen und keinen weiteren Einfluß auf die Veredlung der Art ausüben. Ich will damit nicht behaupten, daß die Thiere nicht fähig seien, einander Mittheilungen zu machen, die mehr oder weniger beschränkt sind, je nach dem Gesichtskreise ihrer Ideen; ich glaube im Gegentheile, daß die Sprache der Thiere kein leeres Spiel der Phantasie ist, sondern daß eine solche existirt, die aber etwa eben so beschränkt ist, als die Sprache der Cretins, welche nur fähig sind, die gewöhnlichsten Thatsachen und Vorkommnisse einander durch gewisse artikulirte Töne mitzutheilen. Hund Scipio und Braganza sind Schöpfungen der Phantasie; wenn aber Jagdhunde mit einander jagen gehen, erst eine Zeitlang gesenkten Kopfes neben einander hertretten, dann plötzlich sich trennen und nun der eine schnurstracks nach einem bekannten Wechsel läuft, während der andere im Walde sucht und den Hasen nach dem Orte hintreibt, wo sein Kamerad wartet — will man dann läugnen, daß Verabredung zwischen den Hunden Statt gefunden und beide überein

kommen sind, der eine zu jagen und der andere an bestimmter
telle zu warten?

Die Beobachtungen Huber's über die Ameisen namentlich
ben nachgewiesen, daß diese intelligenten Thierchen eine Zeichen-
rache haben, die gewiß eben so ausgebildet und vollständig ist,
s die Zeichensprache der Taubstummen. Die Töne, welche
ele Thiere von sich geben, sind durchaus den verschiedenen
benszwecken angepaßt. Hier dienen sie als Warnung, dort
s Lockung, so daß eine vollständige Reihe von Empfindungen
ıd Seelenzuständen mitgetheilt werden kann. Wir verstehen
eist diese Zeichen- und Tonsprache nur deshalb nicht, weil wir
rch längeren Umgang und genauere Analyse der einzelnen
eichen und ihrer Folgen uns nicht daran gewöhnt haben, ihre
ebeutung aufzufassen. Der Fremde, der in ein Taubstummen-
stitut eintritt, ist ebenfalls unfähig, die Unterhaltung der Zög-
ige zu begreifen, die dem Lehrer vollkommen geläufig ist. Faßt
an die Entwickelung der Sprache und der entsprechenden Schrift-
ichen, so wie sie uns historisch vorliegen, oder die Ausbildung
i dem Kinde von der Geburt an ihren verschiedenen Phasen
ch zusammen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß in der
hierwelt eine durchaus ähnliche Stufenfolge der Mittel zur
edankenmittheilung existirt, die aber nur auf einem weit tiefe-
n Punkte, auf demjenigen der Geberdensprache oder der ein-
chen Lautsprache stehen bleibt, in Uebereinstimmung mit den
ringeren geistigen Fähigkeiten der Thiere. Die Sprache des
lenschen ist deshalb eben so wenig ein absoluter, in dem Bau
s Kehlkopfes bedingter Vorzug, als Malerei und Bildhauer-
nst ein in der Ausbildung der Hand gegründeter Vorzug sind.
s giebt überhaupt keine einzige Funktion des menschlichen
örpers und somit auch keine einzige Eigenschaft des Geistes,
e dem Menschen allein zukäme und die ihm absolut von allen
deren Geschöpfen unterscheiden könnte. Die Ueberlegenheit
s Menschen beruht in der zweckmäßigen Vereinigung der Fähig-
iten und der weiteren Höherbildung der thierischen Grundlage.



Fig. 25. Durchschnitt des Kopfes, um die Stimmorgane zu zeigen. a. Nasenscheidewand. c. Zunge. d. Weicher Gaumen. e. Zäpfchen. f. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Schildknorpel.

Das Organ der Stimmbildung ist der **Kehlkopf**, den das gewöhnliche Leben auch mit dem Namen des Adamsapfels belegt. Bei Männern bildet er meist einen deutlichen Vorsprung an der vorderen Seite des Halses, und die Tradition behauptet, Adam habe bei dem bekannten Apfelbiß sich heftig gegen das Zureden Eva's gesträubt, bis diese endlich ihm den Apfel halb mit Gewalt in den Mund gestopft habe, wobei ihm der Krutzen

in die Luftröhre gerathen und dort stecken geblieben sei. Der Kehlkopf bildet den oberen Theil der Luftröhre; durch eine Längsspalte, die sogenannte Stimmritze, öffnet er sich in dem hinteren Theile des Rachens an der Wurzel der Zunge in die Rachenhöhle. Blickt man bei geöffnetem Munde, während man die Zunge mittelst eines Löffelstiels tief niederdrückt, in den Spiegel, so erblickt man im Hintergrunde der Mundhöhle auf beiden Seiten zwei spitzbogenartig gewölbte häutige Vorsprünge, die Gaumenbogen, welche Coulissen gleich nach der Mitte hin vorgeschoben und wieder zurückgezogen werden können. Von dem Dache der Mundhöhle senkt sich ein häutiger Vorhang mit einer mittleren beweglichen, hakenartigen Verlängerung, das Gaumensegel mit dem Zäpfchen. Alle diese im Hintergrunde der Mundhöhle angebrachten Gebilde schließen dieselbe bei geschlossenem Munde meist förmlich nach hinten ab, und hinter ihnen findet sich eine geräumige Höhle, die Rachenhöhle, in welche die Luftröhre durch die Stimmritze des Kehlkopfes, der Schlund und die Nasenhöhle durch ihre hinteren Oeffnungen einmünden. In diesem Punkte kreuzen sich mithin die beiden Wege für die Luft einerseits und die Nahrungsmittel andererseits. Der normale Weg für die Ein- und Ausathmung geht durch die Nase, den Kehlkopf, die Luftröhre; der normale Weg für die Nahrungsmittel durch Mund, Schlundkopf und Schlund. Während demnach bei ruhigem Athmen der Luftzug durch die beweglichen Gaumengebilde von dem Nahrungswege abgeschnitten ist, findet sich über der Stimmritze ein klappenartiger Deckel, der Kehldeckel oder die Epiglottis, durch welche beim Hinabschlingen der Speisen die Stimmritze verdeckt und somit der Luftweg geschlossen werden kann, während die Speisen an seiner Oeffnung vorbei in den Schlund gleiten, welcher hinter der Luftröhre sich öffnet. Bei dem Bilden artikulirter Töne endlich stehen beide Wege in ihrem vorderen Theile offen, und die beweglichen Gaumentheile, die Zunge und der Mund, nehmen den lebhaftesten Antheil an der Bildung und Modificirung einzelner Töne und Buchstaben. Vor allen Dingen wird es nöthig

sein, die Bedingungen zu untersuchen, welche der Tonbildung zu Grunde liegen, und dann erst nachzuforschen, inwiefern die gebildeten Töne bei der Sprache benutzt werden.

Den Kehlkopf bildet das obere angeschwollene Mundstück der Luftröhre, die durch ihre elastischen Knorpelringe beständig offen erhalten wird. Aus mehreren beweglichen Knorpeln zusammengesetzt, welche durch vielfache Bänder zusammengehalten, durch Muskeln sowohl einzeln gegen einander, als auch in ihrer Gesammtheit bewegt werden können, bietet der Kehlkopf ein äußerst veränderliches bewegliches Organ dar, dessen physikalische Verhältnisse nur äußerst schwer dem Versuche zugänglich waren. Erst der Scharfsinn und die Ausdauer neuerer Beobachter haben über diese Schwierigkeiten triumphiren und uns ein, freilich auch jetzt noch unvollständiges Bild der an dem Kehlkopfe Statt findenden Thätigkeiten aufstellen können.

Auf dem letzten Ringe der Luftröhre sitzt ein vollständiger fester Knorpelring, der Ringknorpel, der vorne nur schmal ist, hinten aber breit wird, so daß er etwa wie ein großer Siegelring sich darstellt, bei welchem die breite Fläche des Siegels der Wirbelsäule und dem Schlunde zugekehrt ist, während die schmale Handfläche nach außen schaut. Auf diesem Ringe ruht vorne ein großer, winkelförmiger Knorpel, aus zwei unregelmäßig dreieckigen seitlichen Stücken bestehend. Dies ist der Schildknorpel, und die vordere Kante, in welcher sich seine beiden flügelartigen Seitenhälften vereinigen, bildet jenen Vorsprung am Halse der Männer. An der hinteren Seite dieser Flügel, zwischen ihnen und dem breiten Theile des Ringknorpels, finden sich zwei kleine, äußerst bewegliche Knorpel, die Gießkannenknorpel, welche so auch oben den Kehlkopf zurunden. Ueber dem Schildknorpel endlich steht aufrecht der zungenartig gestaltete Kehldeckel, der nach hinten überklappen und die obere Oeffnung des Kehlkopfes, die Stimmritze, schließen kann.

Die hauptsächlichsten Organe der Tonbildung sind zwei faserig elastische Bänder, welche von hinten nach vorn zwischen den Gießkannenknorpeln einerseits und der inneren Wand des

Schildknorpels so ausgespannt sind, daß sie eine mittlere, mehr oder minder weite Spalte zwischen sich lassen. Diese elastischen Bänder sind die Stimmbänder, ohne deren Mitwirkung kein Ton entstehen kann. Betrachtet man den Kehlkopf von unten her, nachdem man ihn von der Luftröhre losgetrennt hat, so sieht man die Höhlung des Ringknorpels oben geschlossen durch den feinen Spalt der Stimmritze, welche zwischen den beiden Stimmbändern liegt; in ähnlicher Weise zeigt sich die Stimmritze von oben, sobald man den Kehldeckel zurückgebogen hat. Schneidet man bei einem lebenden Thiere ein Loch in die Luftröhre oder in den Ringknorpel unterhalb der Stimmbänder, so daß die ausgeathmete Luft nicht mehr durch die Stimmritze, sondern durch die künstliche Oeffnung entweicht, so ist jede Hervorbringung von Tönen unmöglich; — sobald man das Loch aber mit dem Finger schließt und so die Luft zwingt, von neuem die Stimmritze zu durchströmen, werden auch wieder Töne erzeugt. Versuche an Thieren, so wie Beobachtungen an Selbstmördern, deren Schnitt an dem Halse zu hoch angebracht war, führten ebenfalls zu dem Resultate, daß die Tonbildung nur durch die Stimmbänder geschehe. Man hat öfter solche Unglückliche behandelt, welche unmittelbar über dem Schildknorpel oder an dessen oberem Theile den Schnitt geführt und so den Kehldeckel oder gar die obere Hälfte des Schildknorpels abgetragen hatten, so daß die Stimmbänder frei gelegt waren. Tonbildung war dann nach wie vor möglich, und nur wenn die Stimmbänder selbst verletzt waren, zeigte sich vollkommene Stimmlosigkeit.

Aus diesen Thatsachen schon geht hervor, daß die Luftröhre mit dem Ringknorpel eine Röhre darstellt, deren oberes Ende durch eine Ritze gebildet wird, an welcher zwei elastische Bänder angebracht sind, die mehr oder minder gespannt werden können und die beim Blasen dnrch die Röhre (Ausathmen) den Ton hervorbringen. Das stimmbildende Organ stellt demnach eine Zungenpfeife dar, in welcher die Töne durch Schwingungen häutiger elastischer Zungen hervorgebracht werden und deren Ansprachrohr die Luftröhre ist. Die über den schwingenden Zungen,

den Stimmbändern, gelegenen Theile, nämlich die weichen Theile des oberen Kehlkopfes, Kehldeckel, Rachen-, Mund- und Nasenhöhle, bilden ein mannichfach complicirtes Ansatzrohr oder Verlängerungsrohr, in welchem theils durch Resonanz der Ton verstärkt, theils eigenthümlich modificirt wird.

Die verschiedene Höhe und Tiefe der Töne, welche an dem Kehlkopfe hervorgebracht werden, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Eine der wesentlichsten ist die größere oder geringere Spannung der Stimmbänder und die dadurch bedingte Häufigkeit der Schwingungen, welche sie in einer bestimmten Zeit ausüben. Die Weite der Stimmritze hat auf die Höhe oder Tiefe der Töne keinen Einfluß; indeß ist es doch nothwendig, daß die Stimmritze eine feine linienförmige Spalte von höchstens einem Zehntel Zoll querem Durchmesser bilde. Ist die Stimmritze weiter, als eine Linie, so entsteht kein Ton mehr, sondern nur ein Röcheln und Rasseln; die Luft brodelt zwischen den Stimmbändern durch, ohne daß sie hinlänglich dieselben in Schwingung versetzen könnte, um einen wahren Ton zu erzeugen.

So wie aber der Ton einer schwingenden Saite dadurch erhöht werden kann, daß man ihre Länge verkürzt, so ist dies auch mit den Stimmbändern der Fall. Je kürzer diese schon von Natur sind, oder je mehr sie am lebenden Kehlkopfe verkürzt werden, desto mehr erhöht sich der Ton. Auf diesem Grunde schon beruht der Unterschied zwischen den Tönen der männlichen Kehlköpfe einerseits und denjenigen der Frauen und Kinder andererseits. Die mittlere Länge der Stimmbänder des Mannes beträgt in der Ruhe 18¼ Millimeter, in der größten Spannung 23⅙ Millimeter; beim Weibe zeigen die Stimmbänder in der Ruhe eine mittlere Länge von 12⅔ Millimeter, in der größten Spannung 15⅔ Millimeter. Bei einem Knaben von 14 Jahren verhielten sich beide Maße in folgender Art: Länge in der Ruhe 10½ Millimeter, bei der größten Spannung 14½ Millimeter. Zu dem Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschlechtern und dem Kindesalter trägt dann noch die verschiedene Geräumigkeit des Kehlkopfes, die Festigkeit seiner Wände,

ie Starrheit seiner Bänder bei. Der Kehlkopf des Mannes
t weit größer, der Winkel, unter welchem die beiden Flügel des
Schildknorpels in der Mittelkante zusammenstoßen, stärker, die
knorpel dicker und fester, die Bänder starrer. Daher dann auch
ie größere Unbeholfenheit in der schnellen Hervorbringung der
Töne bei dem männlichen Geschlechte, der tiefere Klang, die
igenthümliche Farbe der hervorgebrachten Töne. Besonders die
Starrheit der Bänder, Knorpeln und Muskeln scheint hier einen
wesentlichen Einfluß zu üben, da die Singfertigkeit in geradem
Verhältnisse mit der Stimmhöhe steht, vorausgesetzt, daß Uebung
nd Schule sonst gleich seien. Der Bassist bedarf im Durch-
schnitt mehr Zeit zur Hervorbringung einer Roulade, einer
Tonfolge, als der Tenorist, und die Weiber sind in diesem Ver-
hältnisse weit mehr bevorzugt, als die Männer. Die Musiker
haben dies weit eher gewußt, als die Physiologen; die Baß-
stimmen bewegen sich meist in vollen Noten, während die Tenore
Achtel anschlagen und die Soprane Zweiunddreißigstel trillern;
und wenn zuweilen in komischen Opern scheinbare Ausnahmen
vorkommen und zänkische Alte in raschen Noten sich vernehmen
assen, so bleibt die Stimme meist auf demselben Tone liegen
und nur die Aussprache zerstückelt den langen Ton in viele
einzelne.

Die elastischen Bänder, zu welchen eben die Stimmbänder
gehören, haben indeß vor den Saiten, mit welchen sie öfter ver-
glichen werden, noch ein Verhältniß voraus, wodurch der Ton,
welchen sie geben, erhöht oder erniedrigt werden kann. Bei sonst
gleicher Spannung, die indeß nicht zu stark sein darf, kann eine
elastische Zunge zwei sehr verschiedene Töne geben, je nachdem
ie in ihrer ganzen Breite oder nur an ihrem Rande schwingt;
n dem letzteren Falle ist der Ton weit höher, heller als in dem
ersteren Falle. Bei dem menschlichen Stimmorgane ist diese
Eigenthümlichkeit der elastischen Bänder in Anwendung gezogen
und dadurch der Unterschied der Brusttöne und der Falsettöne
bedingt. Beim Hervorbringen des Brusttones schwingen die
Stimmbänder in ihrer ganzen Breite und Länge in wellen-

förmigen Biegungen; bei dem Falsettone schwingt nur ihr innerster Rand, ebenfalls in seiner ganzen Länge. Je stärker das Stimmband gespannt ist, desto schwieriger ist es in seiner ganzen Breite zum Schwingen zu bringen; mit zunehmender Spannung wird der schwingungsfähige Rand stets schmäler und schmäler, der Ton stets höher und höher. Wir können daher die oberen Töne unserer Stimme nur mit dem Falsetregister, d. h. mit randlich schwingendem Stimmbande geben, während wir in den Mitteltönen einen gewissen Umfang von Tönen besitzen, welche wir, je nach unserer Absicht oder Bequemlichkeit, entweder als Brustton oder als Falsetton ansprechen können. Singen wir die Tonleiter unserer Stimme von ihren tiefsten Tönen an, wo die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite schwingen, so geben wir die höheren Töne weit leichter mit der Bruststimme, indem wir eben die Spannung nur nach und nach verstärken, das Stimmband aber bis zur letzten Gränze in seiner ganzen Breite schwingen lassen, um es dann in eine andere Stellung zu bringen, wo nur der Rand schwingt; fangen wir im Gegentheile die Tonleiter von oben an, mit nur randlich schwingenden Stimmbändern, so sprechen wir gewisse Töne im Falsettone an, welche wir von unten auf im Brusttone nahmen. Der Unterschied des Jodelns von dem gewöhnlichen Singen beruht wesentlich auf dem schnellen Wechsel zwischen Brustregister und Falsetregister; der Jodeler giebt die meisten Mitteltöne, welche ein anderer Sänger mit dem Brusttone singt, mit dem Falsetregister an, und bei dem schärferen Klange der Falsettöne erscheinen dieselben im Gegensatze zu den volleren Brusttönen weit höher und der Abstich bedeutender. Vielen Sängern ist es unmöglich, zu jodeln, weil ihnen der schnelle Absprung von Brustregister auf Falsetregister und umgekehrt nicht möglich ist, und die meisten Sänger wissen sehr gut, in welcher Tonfolge ihnen ein hoher Ton gegeben werden muß, damit sie ihn voll und tönend ansprechen können.

Eine letzte Möglichkeit der Erhöhung des Tones, welchen eine schwingende Zunge giebt, liegt in der Stärke des Windes, womit dieselbe angeblasen wird. Bei gleicher Spannung kann

rch an den menschlichen Stimmbändern der Ton im Umfange
: Quinte erhöht werden. Man sieht leicht ein, daß diese
kung des Windes lediglich auf der durch ihn bedingten Span-
; der Stimmbänder beruht. Je stärker die ausgeathmete
gegen dieselben bläst, desto mehr werden die Stimmbänder
orgetrieben und bei sonst gleicher Stellung der spannenden
rpel wie ein Segel stärker angeschwellt und so ihr Ton er-
. Es zeigt aber dies Verhältniß, daß das An- und Ab-
ellen der Töne beim Singen nicht so einfach ist, als manche
glehrer sich vorstellen, sondern daß es eines wirklichen Stu-
is und vieler Uebung bedarf, bis der Sänger denselben
kalischen Ton bei Veränderung seiner Stärke genau inne
Je mehr er den Ton verstärkt durch heftigeres Ausathmen,
mehr muß er die Stimmbänder abspannen, um die durch
tärkung des Windes bewirkte Erhöhung zu compensiren.
t Jedem aber ist es gegeben, diese beiden Kräfte stets in
ommenem Gleichgewichte zu halten, und sobald dies Gleich-
cht gestört ist, betonirt die Stimme beim Schwellen des
es.

Durch verschiedene Spannung der Stimmbänder läßt sich
t schon ein Wechsel von Tönen im Umfange von etwa
ctaven bei gewöhnlichen Kehlköpfen hervorbringen. Der ge-
liche Umfang einer Stimme beträgt 2, höchstens 2½ Oc-
t von Tönen, welche rein und musikalisch angegeben werden
en; die meisten Menschen besitzen noch einige Töne darunter
darüber, welche entweder schreiend oder zu dumpf sind, als
sie beim Gesange benutzt werden können. Ausgezeichnete
ger und Sängerinnen erreichen einen weit bedeutenderen
ang — daß es Jemand bis zu 4 Octaven gebracht habe, ist
bekannt.

Wenn wir aus den Versuchen an todten Kehlköpfen bis
mit ziemlicher Genauigkeit die Bedingungen der Tonbildung
tteln konnten, so fehlen uns dagegen noch alle näheren An-
n über des Verhalten der höheren Theile des Stimmappa-
, zum Gesange namentlich. Daß dieselben den größten Ein-

fluß auf die Tonfarbe, den Klang, die Völle und Rundung des Tones haben müssen, kann nicht in Abrede gestellt werden; wir wissen aber nicht, welchen Beitrag der Kehldeckel, die Geräumigkeit der Rachenhöhle, der Nasenröhre, der Mundhöhle, die Bildung der Zunge, des Gaumens und der Lippen auf alle die Nebenverhältnisse haben, welche dem Gesange erst seine wahre Vollendung verleihen.

Die Sprache besteht in der Benutzung der verschiedenen Theile, welche mit den Luftwegen in Verbindung stehen, zu Geräuschen oder Klängen, die von der Stellung dieser Theile und dem durchstreichenden Luftstrome abhängen. Die Hervorbringung der Sprachtöne an sich ist durchaus unabhängig von dem Kehlkopfe und der Stimmritze. Man kann bekanntlich vollkommen deutlich und vernehmlich sprechen, ohne daß ein musikalischer Ton dabei hervorgebracht wird. Einem Taubstummen gegenüber ist es vollkommen gleichgültig, ob man laut und vernehmlich spricht, oder ob man nur flüstert, indem man die Sprachwerkzeuge in bestimmte Stellungen bringt. Wenn demnach selbst neuere Forscher aus der Anatomie des Kehlkopfes und der Anwesenheit einiger Muskelchen mehr an dem Kehlkopfe einer Affenart dieser letzteren eine materielle höhere Bildung der Sprachwerkzeuge vindicirten, so zeigt dies nur, daß diese Herren über Sprachbildung selbst noch nicht einmal nachgedacht hatten. Bei den Consonanten betheiligt sich der Kehlkopf und die Stimmritze niemals; bei den Vokalen treten diese Theile nur dann in Mitwirkung, wenn laut gesprochen wird; allein auch dann bringen sie nur den musikalischen Ton hervor, der erst durch die verschiedenen Modifikationen des Mundnasenrohres artikulirt und in einen Vokal umgewandelt wird. Die Stimmritze allein kann nie einen Vokal hervorbringen, ihre Schwingungen erzeugen nur den musikalischen Ton; wäre dies nicht der Fall, so könnte man nicht jeden Vokal in jedem beliebigen Tone singen. Man wählt freilich bei Singübungen meist das a; allein dies nur aus dem einfachen Grunde, weil das a eben eine bedeutende Oeffnung des Mundes und der Zahnreihen verlangt und des-

halb den Ton in seiner größten ursprünglichen Reinheit läßt, während alle andere Vokale mehr oder minder eine Verkleinerung der Mundspalte, des Mundraumes oder der Gaumenhöhle verlangen und dadurch den Ton mehr oder minder verhüllen und unklar machen. Nationen, welche das reine a in ihrer Sprache nicht besitzen, weil sie zu faul sind, den Mund gehörig zu öffnen, wie z. B. die Engländer, besitzen deshalb auch stets einen gequetschten unangenehmen Gesang, dessen sie nur durch größte Anstrengung sich entledigen können.

Es würde zu weit führen, hier nachweisen zu wollen, in welcher Weise die verschiedenen Theile der Sprachwerkzeuge arbeiten, um die einzelnen Buchstaben, seien es nun Vokale oder Consonanten, hervorzubringen. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Reihen von Buchstaben besteht darin, daß bei den ersteren die Stimmritze wirklich einen musikalischen Ton hervorbringt, bei den letzteren aber nicht, und die Tonbildung, wenn eine solche vorhanden, in den vorderen Theilen der Sprachwerkzeuge geschieht. Meist indeß können die Consonanten nur als bestimmte Geräusche, bald durch diese, bald durch jene Organe hervorgebracht, aufgefaßt werden, und die Sprachen der civilisirten Völker besitzen nur solche Consonanten, welche Geräusche bilden. Bei geringeren Graden der Kultur werden indeß auch Schnalz- und Knalllaute mit den Lippen und der Zunge hervorgebracht, denen man den Charakter des Tones nicht versagen kann, und man braucht wahrlich nicht zu den Hottentotten zu gehen, um solche Töne anwenden zu hören. Die Appenzeller Bauern schnalzen sehr oft mit der Zunge, statt Ja zu sagen, und ich kann versichern, daß ein solcher Schnalz nicht minder kräftig klingt, als ein guter Peitschenknall.

Mit Ausnahme des h, welches nur ein plötzliches rascheres Hervorstoßen der Luftströmung bezeichnet, zeigen alle Consonanten die Uebereinstimmung, daß bei unveränderter Stellung des Zungenbeines zum Kehlkopfe der Luftweg von der Stimmritze bis zur Mundöffnung irgendwo verengert wird, so daß die vorbeiströmende Luft ein Geräusch bildet. Nach dem Orte der Ver-

Demnach kann man so die Consonanten in drei Gruppen theilen: In der ersten, p, b, f, w, m umfassend, sind es entweder die beiden Lippen, oder eine Lippe mit einer Zahnreihe, welche einen mehr oder minder vollständigen Verschluß herstellt. Bei der Gruppe t, d, s, l und n wird der mehr oder minder vollständige Verschluß von dem vorderen Zungenende hervorgebracht, das sich an die Zähne oder den vorderen harten Gaumen anlegt. Bei k, g, ch und dem Nasen-n, sowie bei dem Gutturalen r wird der Verschluß an dem hinteren Theil der Zunge, zwischen diesem und den weichen Theilen des hinteren Gaumens hergestellt.

Der gegenseitige Umsatz der verschiedenen Vokale und Consonanten, der Uebergang der einen in die andern hat zu einer ganzen Wissenschaft, der vergleichenden Sprachwissenschaft, geführt, auf deren weiser Benutzung gar viele unserer Kenntnisse über die Ausdehnung der verschiedenen Stämme und Arten des Menschengeschlechtes auf der Erde beruhen. Ich sage, bei weiser Benutzung; denn wenn man, auf die zufällige Aehnlichkeit einiger Laute gestützt, die Neger aus einem gemeinschaftlichen Stamme mit uns Kaukasiern ableiten will: so stellen sich solche Bemühungen ganz in dieselbe Reihe mit denjenigen der Naturphilosophen, welche den Menschen aus dem Infusorium construirten. Man kann auch Aehnlichkeiten finden zwischen einem Kameel und einem Berge, und bei einiger Gewandtheit das Wort Verstand von dem griechischen Nus ableiten. Die Sprache ist das unmittelbare Erzeugniß des schöpferischen Geistes eines Volkes; sie steht im engsten Zusammenhange mit der Art und Weise seines Denkens, und wie der Einzelne, je nach der Eigenthümlichkeit seiner ganzen Individualität, sich in dieser oder jener Art auszudrücken pflegt, je nachdem seine Geistesbildung eine bestimmte Richtung hat; so drückt sich auch der Charakter und die Fortbildung eines Volkes wesentlich in den eigenthümlichen Zügen und dem Fortschritte seiner Sprache aus. Diejenigen Völker aber sind unabweislich zur Sterilität verdammt, bei denen eine fremde Sprache sich auf eine verschiedene Nationalität gepfropft hat, bei welchen Charak-

:r und Bildung in wesentlichem Widerspruche mit ihrer Sprache
ehen. Erst wenn der Widerspruch sich in einem Mischmasche
:löst hat, erst dann kann wieder eine eigenthümliche Richtung
ıtstehen. Wir sehen dies deutlich in unserem Europa, wo poli-
sche Verhältnisse Manches anders geordnet haben, als es sein
ılte. Die Engländer haben sich aus dem Chaos ihrer Sprach-
ıischung zu einem eigenthümlichen Idiome erhoben, dessen Kürze
nd einförmige langweilige Modulation ihrem Charakter ent-
rricht, in welchem sie mithin productionsfähig sind; im Elsasse
ingegen, wo französisch und deutsch noch im Kampfe liegen, und
as eine von oben, das andere vom Kerne des Volkes aus ge-
ährt wird, kann nichts Rechtes aufkommen, weil ein Element
as andere erstickt. Solche Verhältnisse hallen lange nach;
— das Waadtland spricht französisch, bildet sich französisch, will
canzösisch sein; aber trotz dem empfindet es deutsch, hat deutsche
Irt zu schließen und zu denken und wird deshalb ewig steril
leiben, weil eben die Sprache dem geistigen Bedürfnisse nicht
ntspricht. Wie unsinnig deshalb eine Universalsprache ist, muß
em Befangensten einleuchten. Sie würde dem Bedürfnisse Nie-
nandes entsprechen und bald wieder so gemodelt werden, wie
er große indo-germanische Sprachstamm seine Dialekte modelte:
u unabhängigen Sprachen, in deren Keimen nur der gemein-
chaftliche Ursprung ersichtlich ist.



Dritte Abtheilung.

Zeugung und Entwickelung.



Achtzehnter Brief.

Das Geschlecht.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde der Mensch als einzelnes Individuum betrachtet und die verschiedenen Funktionen zergliedert, welche das Leben des menschlichen Organismus im Allgemeinen zusammensetzen. Wir suchten, an der Hand der auf mancherlei Art gewonnenen Thatsachen, uns klar zu machen, wie diese verschiedenen Funktionen des Lebens in einander greifen. Wir sahen Ernährung, Kreislauf und Absonderung einander wechselseitig die Hand bieten, um die verschiedenen, der Außenwelt entnommenen Stoffe dem Körper anzueignen, ihnen diejenige Form zu geben, welche dem menschlichen Typus angehört, und das Unbrauchbare auszuscheiden. Ferner untersuchten wir, in welchen Beziehungen das Individuum sich zu seinen Umgebungen befinde, und welche Organe des Körpers dazu bestimmt seien, Empfindung, Bewegung, so wie die Funktionen des Geistes zu vermitteln. In allen diesen Untersuchungen wurde der fertige Mensch im erwachsenen Zustande betrachtet, abgesehen von seinem Geschlecht und von seiner allmählichen Entfaltung bis zu dem Höhepunkte seiner physischen Entwickelung: es wurde nur Rücksicht genommen auf die Erhaltung des individuellen Lebens; in den folgenden Briefen aber handelt es sich darum, eine engere Seite des menschlichen Organismus ausführlich zu beleuchten und diejenigen Funktionen zu besprechen, welche sich auf die Erhaltung der Gattung, auf die Fortpflanzung der Art beziehen.

Bevor ich die erste Auflage dieser Briefe der Oeffentlichkeit übergab, habe ich lange gezweifelt, ob ich überhaupt diesen Gegenstand zur Sprache bringen sollte in einem Buche, welches dem größern Publikum bestimmt ist. Meine Zweifel wurden von den Freunden, mit welchen ich hierüber berieth, weder beseitigt, noch verstärkt. Denn wie es in solchen Fällen immer zu geschehen pflegt, so waren die Einen dafür, die Andern dagegen, und Jeder hatte für seine Meinung Gründe, welche sich hören ließen. Eine sehr einfache buchhändlerische Erfahrung bestimmte mich endlich, die ursprüngliche Scheu zu überwinden, und hier die auf die Fortpflanzung bezüglichen Funktionen eben so ausführlich zu behandeln, als alle übrigen physiologischen Fragen, von welchen man in sogenannten anständigen Gesellschaften etwa reden darf, während die im Folgenden zu besprechenden Gegenstände dem stillen Bewußtsein eines jeden, oder auch den Anspielungen des Ungezogenen überlassen bleiben, und man sich auf den Göthe'schen Vers beruft :

> Man darf das nicht vor keuschen Ohren nennen,
> Was keusche Herzen nicht entbehren können.

Alle jene Bücher in Duodez- oder noch kleinerem Format, welche Titel tragen wie : »Guter Rath für junge Eheleute« — »Das Geschlecht des Menschen« — »Untrügliches Mittel, gesunde Nachkommenschaft zu erzeugen« — »Der persönliche Schutz« — »Entdeckung des Geheimnisses, auch ohne Beihülfe der Männer Kinder zu erhalten« u. s. w.; — alle diese Erzeugnisse einer unverschämten Charlatanerie, welche mit der krassesten Unwissenheit Hand in Hand geht, finden einen vortrefflichen Markt und stets willige Käufer. Durch diese Bücher, gegen welche die sonst so gewaltige Scheere der Censur stumpf und die sonst allwissende Polizei unbewaffnet zu sein scheint, wird der abgeschmackteste Unsinn unter alle Welt verbreitet und Vorurtheile in Menge gesäet, deren Ausrottung kaum möglich ist. Es schien mir deshalb damals an der Zeit, die Resultate der neueren Wissenschaft, welche sich vorzugsweise und mit großem Erfolg in der jüngsten Zeit mit der Zeugung und Ent-

wickelung des Menschen und der Thiere beschäftigt hat, in meiner Schrift niederzulegen, in der Hoffnung, daß ich das Meine zur Verbreitung richtiger Ansichten werde beitragen können. Denn mehr als alle anderen der Physiologie angehörigen Gegenstände beschlägt der hier zu behandelnde das Wohl und Wehe der Menschheit im Ganzen. Es mag erlaubt sein, durch Unkenntniß oder Vernachlässigung der physiologischen Gesetze den eigenen Leib zu Grunde zu richten; — allein dies giebt noch nicht die Berechtigung, der Nachkommenschaft seine physischen Gebrechen aufzubürden. Man klagt allgemein über zunehmende Verkrüppelung des Menschengeschlechtes und thut Nichts, um vernünftige Ansichten über die Zeugung zu verbreiten; — ja, man öffnet einer nichtswürdigen Literatur Thüre und Thor, und bedenkt nicht, daß die nachstehende Generation auch das Recht zu blühender und gesunder Existenz hat!

Die Fortpflanzung der Gattung ist bei den Menschen und fast allen Thieren durch den Gegensatz zweier Geschlechter möglich gemacht, welche man als männlich und weiblich bezeichnet. Bei den meisten Thieren, und zwar bei den höheren ganz allgemein, sind die Geschlechter auf verschiedene Individuen vertheilt, welche sich meistens nicht nur durch den Bau der speziell zu dieser Funktion bestimmten Zeugungsorgane, sondern auch durch mancherlei andere Eigenthümlichkeiten der gesammten Organisation unterscheiden. Nur in den niederen Sphären des Thierreichs findet man die Vereinigung beider Geschlechter in einem und demselben Thiere, den sogenannten Hermaphroditismus, und zwar in der Art, daß vollständige männliche und weibliche Zeugungsorgane in einem und demselben Individuum vereinigt sind. In den niedersten Organismen allein, welche durch ihren auf die höchste Einfachheit reducirten Bau die unterste Stufe des Thierreiches einnehmen, nur in diesen hat sich bis jetzt noch keine Spur geschlechtlicher Zeugung wahrnehmen lassen, und die Fortpflanzung wird auf andere Weise bewerkstelligt. Bevor wir indeß diese Weise etwas näher bezeichnen, wird es nöthig sein, auf den Bau der Zeugungsorgane im Allgemeinen und derjeni-

gen des Menschen im Besonderen etwas näher einzugehen. Die Geschlechtsunterschiede im Bau des Gesammtkörpers weitläufiger auseinander zu setzen, halten wir für überflüssig; kennt ja doch Jeder die Verschiedenheit der männlichen und weiblichen Formen, deren ins Einzelne gehende Beschreibung mehr dem Gebiete der darstellenden und bildenden Kunst, als demjenigen der Physiologie angehört.

Weibliche Geschlechtsorgane nennt man diejenigen besonderen Organe des thierischen Körpers, in welchen ein Keim bereitet wird, der sich unter gewissen Verhältnissen zu einem neuen Individuum entwickelt. Dieser Keim oder das Ei wird in allen Fällen in einem eigens dazu bestimmten Organe, dem Eierstocke, vorgebildet, und zur Zeit seiner Reife aus diesem ausgestoßen, um sich zu entwickeln und außerhalb des mütterlichen Organismus ein eigenes, individuelles Leben fortzusetzen. Bei den meisten Thieren befinden sich eigene röhrenförmige Organe, durch welche das Ei allmählich nach außen geleitet wird, und zugleich, je nach den speziellen Verhältnissen der Fortpflanzung, verschiedene Stoffe zu Schutz und Nahrung umgebildet erhält. Diese Eileiter münden zuweilen unmittelbar in die äußeren Geschlechtsorgane, während sich in anderen Fällen ein Mittelglied bildet, in welchem das Ei noch innerhalb des mütterlichen Organismus eine weitere Ausbildung erlangt. Alle Thiere, die niedersten ausgenommen, entstehen, sowie der Mensch, aus Eiern. Das menschliche Weib erzeugt eben so gut Eier, als der weibliche Vogel oder Fisch, und der Unterschied zwischen lebendiggebärenden und eierlegenden Thieren besteht, wie wir bald sehen werden, nur darin, daß das Ei bei den Einen in unentwickeltem Zustande ausgeworfen wird, während es sich bei den Anderen innerhalb der mütterlichen Geschlechtsorgane weiter entwickelt, und erst das aus ihm entstandene Individuum nach außen gebracht wird. Der Unterschied zwischen „eierlegenden“ und „lebendiggebärenden“ Geschöpfen ist demnach kein ursprünglicher, sondern nur ein durch spätere Ausbildung des Keimes gewordener. Er fällt aber deshalb leicht in die Augen, weil bei den Eierlegern

das Ei durch die Schutzgebilde, die es erhält, so wie durch das Nahrungsmaterial, das darin für das werdende Junge aufgehäuft wird, eine ansehnlichere Größe erhält.

Die männlichen Geschlechtsorgane bereiten den Samen, d. h. eine Flüssigkeit, ohne welche das Ei nicht zur Entwickelung würde gelangen können. Die Berührung beider Produkte, und zwar die unmittelbare Berührung derselben, ist nothwendig zur Erzeugung eines neuen Individuums. Diese Berührung bildet gleichsam den Anstoß zur Aeußerung jener fortbildenden Thätigkeit, als deren Endresultat der neue Organismus hervorgeht. Deshalb ist die Vereinigung beider Geschlechtsprodukte unumgänglich nothwendig. Bei denjenigen Thieren, bei welchen das Ei noch in unentwickeltem Zustande als Ei aus dem weiblichen Organismus ausgestoßen wird, findet diese Berührung der beiderseitigen Zeugungsprodukte meist auch außerhalb des Organismus Statt, und die geschlechtliche Funktion beschränkt sich einzig auf diese Befruchtung. Bei denjenigen Thieren aber, bei welchen das Ei innerhalb des mütterlichen Organismus sich entwickelt, müssen auch die beiderseitigen Zeugungsstoffe innerhalb des mütterlichen Organismus einander berühren und deshalb eine wahre Begattung Statt haben, durch welche eben der Samen in die weiblichen Zeugungsorgane eingeführt wird. Auch in den männlichen Zeugungsorganen unterscheidet man samenbereitende Organe, oder die Hoden, und ausführende Röhren, die Samenleiter, wozu sich noch bei vielen anderen und bei allen höheren Thieren besondere äußere Begattungsorgane gesellen.

Das samenbereitende Organ oder der Hoden besitzt bei allen Thieren ohne Ausnahme einen drüsigen Bau, indem er aus einzelnen, mehr oder minder langen Röhren zusammengesetzt ist, welche meistentheils sich mannichfach unter einander verwickeln und verschlingen, am Ende aber sämmtlich in einen einzigen Kanal münden, der meist vielfach geschlängelt nach außen verläuft. Die Hoden sind, mit nur geringen Ausnahmen, doppelt vorhanden und symmetrisch zu beiden Seiten der Kör-

verare gelagert, bei der Mehrzahl der Wirbelthiere findet man sie im Inneren der Bauchhöhle zu beiden Seiten der Wirbelsäule. Auch bei dem menschlichen Embryo behaupten sie diese Lage, steigen aber gegen die Zeit der Geburtsreife aus der Bauchhöhle durch einen besonderen Kanal, den Leistenkanal, hinab in den Hodensack. Die außerordentlich langen und engen Samenröhren, welche in ihrer Verschlingung den Hoden bilden, sammeln sich zuerst in eine gewisse Zahl ausführender Gänge, welche, aufs Neue sich verknäuelnd, ein eigenthümliches kolbenförmiges Organ, den Nebenhoden, zusammensetzen, aus dem dann erst der Samenleiter entspringt. Jeder dieser Samenleiter läuft nach oben gegen den Leistenkanal hin, tritt durch denselben in die Bauchhöhle ein und erweitert sich sodann zu einer seitlichen Aussackung der Samenblase, die von muskulöser Haut umsponnen und deshalb kräftiger Zusammenziehung fähig ist. In diesem sogenannten Samenbläschen sammelt sich die von dem Hoden gebildete und die von dem Samenleiter fortgeleitete Zeugungsflüssigkeit allmählich an, bis sie im Momente der Begattung entleert wird. Der gemeinschaftliche Gang der Samenbläschen und Samenleiter öffnet sich jederseits durch eine äußerst feine Oeffnung in das hintere oder innere Ende der Harnröhre, welche also sowohl zur Entleerung des Urins, als auch des Samens bestimmt ist.

Am Wichtigsten erscheint für uns die Zusammensetzung der befruchtenden Flüssigkeit, oder des Samens. Untersucht man einen Tropfen desselben unter dem Mikroskop bei hinreichender Vergrößerung, so zeigt sich in der klaren, durchsichtigen Flüssigkeit eine außerordentliche Menge unendlich kleiner, sehr eigenthümlich gestalteter Körper, die man auf den ersten Blick für Thiere halten muß, da sie lebhaft bewegt in dem Sehfelde des Mikroskops sich herumtummeln. Diese Samenfäden, wie wir sie vor der Hand nennen wollen, zeigen bei dem Menschen einen spindelförmigen, abgeplatteten Körper, der nach beiden Enden hin etwas spitzig ausgezogen ist und nach hinten in einen langen dünnen Schwanz ausläuft, welcher sich peitschenartig hin- und herbewegt. Der Schwanz selbst ist so dünn, daß er meist nur

wie eine Linie erscheint, jedenfalls aber keine innere Organisation wahrnehmen läßt. Eben so wenig ist dieses bis jetzt an dem Körper der Samenfäden gelungen. Zwar wollten einige Mikroskopiker im Inneren derselben Andeutungen von Organen gesehen haben; indeß scheinen diese Beobachtungen wesentlich auf Täuschung zu beruhen und höchstens so viel daraus hervorzugehen, daß die Begränzungsmasse der Körper dichter, der Inhalt dagegen flüssiger sei, und man deshalb den Körper des Samenfadens als eine plattgedrückte Kapsel ansehen müsse, in deren Innerem eine homogene Flüssigkeit enthalten sei. Die Gestalt der Samenfäden, ihre Größe, das Verhältniß zwischen Körper und Schwanz wechselt bei den verschiedenen Gattungen und Arten der Thiere auf das Mannichfaltigste, und zwar in der Weise, daß jede Spezies eigenthümlich geformte Samenfäden besitzt, die sich von denjenigen anderer Arten ziemlich leicht unterscheiden lassen. Die seltsamsten Formen unter den Säugethieren findet man bei den Nagern, den Mäusen und Ratten, wo der Körper meist scheibenförmig oder selbst halbmondförmig gestaltet ist, und der Schwanz nicht von der Peripherie der Scheibe, sondern von der Fläche derselben ausgeht. Bei anderen Thieren, und zwar namentlich bei den meisten Amphibien und Vögeln, ist der Körper des Samenfadens nicht platt, sondern cylindrisch, und geht allmählich in den dünneren Schwanz über. Der cylindrische dickere Körper selbst ist meist ganz wie ein Pfropfenzieher spiralförmig aufgewunden. Bei seinen Bewegungen dreht sich der so gestaltete Samenfaden um die Axe seines spiralförmig aufgewundenen Körpers und schraubt sich also gleichsam in der Flüssigkeit vorwärts. Die größten Samenfäden unter allen finden sich bei den Molchen und Tritonen, Thieren, welche sich auch durch die Größe ihrer Blutkörperchen auszeichnen. Diese ungemein großen Samenfäden haben ebenfalls einen korkzieherartig gestalteten Körper, und außerdem ist noch der fadenförmige Schwanz mit einer breiten, äußerst zarten Flosse umsäumt, deren wellenförmige Bewegungen ein eigenthümliches Flimmern erzeugen, das man früher einem wahrhaften Flim-

[illegible] zuschrieb. Die größte Abweichung in Form und Verhalten der Samenelemente zeigt sich bei den krebsartigen Thieren, bei welchen sie in Form von Tönnchen oder Fäßchen erscheinen, von welchen kurze Spitzen auslaufen, an denen man noch keine Bewegung bemerkt hat.

Diese Bewegung, welche im Uebrigen den ausgebildeten Samenfäden aller Thiere zukommt, ist meistens wellenförmig durch die Schwingungen des Schwanzes hervorgebracht, und läßt sich am besten mit den Schwimmbewegungen eines Aales oder einer Schlange vergleichen. Wenn indeß auch diese Schwingungen mit bedeutender Schnelligkeit ausgeführt werden, so ist doch die dadurch bewerkstelligte Ortsbewegung selbst nur äußerst langsam. Messungen, welche man unter dem Mikroskop vorgenommen hat, zeigen, daß die Samenfäden in einer Minute etwa den Raum einer Pariser Linie durchlaufen können. Diese Bewegungen werden durch Substanzen gehemmt, welche den Samenfaden in seiner chemischen Zusammensetzung angreifen, erhalten sich hingegen in solchen Flüssigkeiten, deren Mischung oder Concentrationsverhältniß keinen nachtheiligen Einfluß ausübt. Meistens bewegen sich die Samenfäden einzeln, mit dem Körperende voran; bei einigen Thieren bemerkt man indeß, daß sie sich büschelförmig zusammenlegen, und zwar alle in derselben Richtung, Körper an Körper, Schwanz an Schwanz, und daß diese Bündel wie ein einziger Faden wellenförmig schwingend sich fortbewegen. Bei den Heuschrecken schießen sogar diese Bündel um eine gemeinsame Längenachse an, und bilden so federartige Gestalten, welche sich wellenartig fortbewegen und unter dem Mikroskope einen überraschend schönen Anblick gewähren.

Es war natürlich, daß man die eben beschriebenen Elemente des Samens so lange für Thiere ansah, als man noch keine anderen selbstständig bewegten Formelemente des Körpers kannte. Sobald indeß die Flimmerbewegung entdeckt wurde und bei dieser Zellen nachgewiesen wurden, deren Verlängerungen in selbstständiger Weise zu schwingen befähigt sind, mußte der Glaube an die thierische Natur der Samenelemente stark erschüttert wer-

den, und seitdem man gar die eigenthümliche Entwickelung derselben im Hoden kennen gelernt hat, ist diese Ansicht allgemein verlassen worden. Es finden sich nämlich bewegliche Samenfäden nur in den zeugungsfähigen Individuen. Ihr Erscheinen bezeichnet den Eintritt der Mannbarkeit, mit deren Erlöschen sie wiederum verschwinden. Bei denjenigen Thieren, welche einer periodischen Wiederkehr der Brunst unterworfen sind, zeigen sich die Samenfädchen auch nur zur Paarungszeit und verschwinden nach dem Aufhören dieser Periode. Bei diesen Thieren also konnte man gegen den Eintritt der Paarungszeit hin die Entwickelungsgeschichte der Samenfäden verfolgen, und sobald man einmal die Entwickelungsgeschichte derselben bei einem Thiere kannte, war es leicht möglich, bei solchen Thieren, die das ganze Jahr hindurch zeugungsfähig sind, die unausgebildeten Samenelemente zu erkennen und deren Entwickelung zu betrachten. Diese Untersuchungen, welche seither auf viele Thiere noch ausgedehnt wurden, haben etwa Folgendes ergeben.

Bei Säugethieren und beim Menschen findet man in der Jugend innerhalb der Samenkanälchen nur kleine helle Zellen, ähnlich denen anderer Drüsengebilde. Beim Eintritte der Geschlechtsreife aber sind diese Zellen bedeutend größer geworden und enthalten eine Menge rundlicher, heller Kerne, meist bis zehn, zuweilen aber selbst bis zwanzig, die an der Zellenwand anliegen. Jeder Kern hellt sich auf und wird endlich ein Bläschen, in welchem ein Samenfaden spiralig zusammengerollt liegt. Nach einiger Zeit lösen diese Bläschen sich auf, der Samenfaden wird frei und legt sich, wenn viele Kerne vorhanden waren, mit den Samenfäden, die aus diesen hervorgegangen sind, zu einem Bündel zusammen. Es erklärt sich aus dieser Entstehung die oben erwähnte Zusammenfügung der Samenfäden in bündelförmige Massen, und gerade in Beziehung auf diesen Punkt entsteht einige Verschiedenheit durch den Umstand, daß bei manchen Thieren jedes Bläschen nur einen einzigen Samenfaden enthält, während bei anderen nur wenig Samenfäden sich bilden, die dann wirr in ihrer Zelle durcheinander

liegen. Nach einiger Zeit lösen sich auch die Mutterzellen auf und die Samenfäden liegen dann frei in der Flüssigkeit, — anfangs erst in Bündeln vereinigt, dann aber gänzlich frei und bewegt. Im Hoden selbst sind die Samenfäden fast immer noch in den Zellen eingeschlossen, die erst in den Gängen des Nebenhodens und der Samenleiter verschwinden, und je weiter gegen den Anfang man eine Hodenröhre untersucht, desto weniger entwickelt sind die Kerne und die einzelnen Samenfäden innerhalb dieser Kerne. Es lehrt diese Entstehungsweise auf das Klarste, daß die Samenfäden keine selbstständig organisirten Thiere sind, welche etwa in demselben Verhältnisse zu dem Organismus stehen, wie Schmarotzer und Eingeweidewürmer, sondern daß sie bewegliche Formelemente darstellen, ähnlich den Flimmerzellen. Man hat in dem Gehörorgane der Lampreten Flimmerzellen gefunden, an deren rundlichem Körper nur ein einziger peitschenförmiger Anhang sich befindet, der eine bedeutende Länge besitzt und wellenartige Bewegungen macht. Eine solche isolirte Flimmerzelle sieht einem Samenfaden auf das Täuschendste ähnlich, und läßt sich auch in der That durchaus mit demselben vergleichen.

Die Samenfäden sind die einzigen Formelemente des Samens, welche wesentlich für die Befruchtung sind. Ihr Auftreten zur Zeit der Mannbarkeit, ihr Verschwinden nach dieser Epoche liefert schon hierfür einen Beweis; — noch mehr aber bezeugten dies direkte Versuche, die wir später anführen werden. Die Flüssigkeit, in welcher die Samenfäden schwimmen, und welche theils von den Hoden, theils von einigen Nebendrüsen geliefert wird, ist einzig dazu bestimmt, die Ausführung und Fortbewegung der Samenfäden zu vermitteln. Sie hat selbst keine befruchtende Eigenschaft.

Die weiblichen Zeugungsorgane, welche in durchaus analoger Weise gebaut sind, wie die männlichen, und sogar in ihrem ursprünglichen Zustande beim Beginne der Entwickelung nicht von denselben unterschieden werden können, liegen sämmtlich in der Bauchhöhle, und zwar in dem tiefsten Grunde derselben, sobald man sich das Weib in aufrechter Stellung denkt.

Die keimbereitenden Organe oder die Eierstöcke sind zwei bohnenförmige plattgedrückte Körper, die an einigen Falten des Bauchfells beweglich aufgehängt sind. Ein festes faseriges Gewebe bildet bei dem Menschen und vielen Säugethieren die Hauptmasse dieser Organe. Untersucht man die Eierstöcke aufmerksamer, so findet man innerhalb dieses Gewebes unregelmäßig zerstreut eine große Menge rundlicher Höhlungen oder Käpselchen, welche mit klarer, wasserheller Flüssigkeit erfüllt scheinen. Die größten dieser Kapseln, welche man nach ihrem Entdecker die Graaf'schen Bälge zu nennen pflegt, befinden sich an der Oberfläche des Eierstockes, unmittelbar unter dem glänzenden Ueberzuge, womit ihn das Bauchfell umhüllt, während die kleineren, unentwickelteren Follikel mehr in dem Inneren vergraben liegen. Man hielt diese Bläschen früher für die wirklichen Eier, und erst der neueren Zeit war es vorbehalten, den wahren Bau dieser Theile näher zu erforschen und festzustellen, daß das eigentliche Ei der Säugethiere und des Menschen erst im Inneren dieser Kapseln liege, und höchstens $\frac{1}{10}$ Linie im Durchmesser habe, während der Graaf'sche Balg oder der Follikel, wie wir ihn fortan der Kürze halber benennen wollen, oft bis zur Größe einer kleinen Erbse anschwillt.

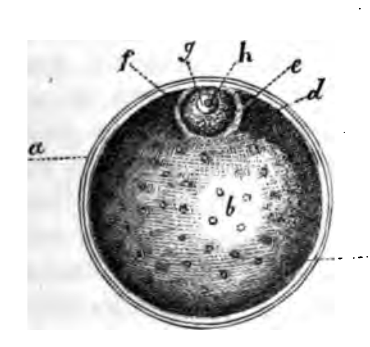


Fig. 26. Idealer Durchschnitt eines Graaf'schen Follikels bei starker Vergrößerung. a. Die äußere Faserhaut des Balges. b. Der mit gallertartiger Flüssigkeit angefüllte Hohlraum des Balges. c. Innere Zellenlage des Follikels, der sich in der Umgebung des Ei's zur Keimscheibe d. (Discus proligerus) verdickt. e. Die Zona oder Dotterhaut, in Form eines hellen Ringes sich darstellend. f. Der Dotter. g. Das Keimbläschen. h. Der Keimfleck.

Es ist von der höchsten Wichtigkeit, die Struktur des Follikels sowohl, als auch diejenige des Eies genauer kennen zu

lernen, bevor man auf die Veränderungen eingeht, welche dieselben bei der Entwickelung durchlaufen. Vor allen Dingen ist stets wohl zu beachten, daß das Eichen der Menschen wie der Säugethiere eine außerordentlich kleine Kugel ist, die man nur bei sehr günstiger Lichtbrechung mit dem bloßen Auge gerade noch als Punkt wahrnehmen kann, zu deren genaueren Erforschung es aber mikroskopischer Beobachtung bedarf. Bei Anwendung gehöriger Vergrößerungen sieht man indeß folgende Theile. Die äußere Hülle des durchaus kugelförmigen Eichens wird von einer dicken, glashellen Haut gebildet, welche unter dem Mikroskope als ein vollkommen durchsichtiger, krystallhell glänzender Ring erscheint, in dem man keine Schichten oder sonstige Struktur wahrnehmen kann. Wir nennen diese durchsichtige Hülle, die verhältnißmäßig sehr fest und elastisch ist, die Zona, und bemerken im Voraus, daß sie demjenigen feinen Häutchen analog ist, welches in dem Ei des Vogels den Dotter umschließt und deshalb die Dotterhaut genannt wird.

Der Inhalt der Zona wird zum größten Theile von dem Dotter gebildet, der bei den Säugethieren aus einer körnigen, gelblichen Masse besteht, welche bei auffallendem Lichte milchweiß erscheint und eine talgartige Consistenz hat. Beim Drucke zwischen zwei Glasplatten verhält sich dieser Dotter etwa so, wie eine aus frischem Brode geknetete Kugel, die ebenfalls gerade Zusammenhang genug hat, um sich zwischen den Fingern in mancherlei Formen bringen zu lassen. Der Dotter selbst ist zum Theile fettartiger Natur, und wahrscheinlich bestehen die feinen Körnchen, welche in seiner Substanz zerstreut sind, aus sehr kleinen Fetttröpfchen, welche in einer eiweißartigen Masse zerstreut sind. Es ist überhaupt ein allgemeines Gesetz in der Thierwelt, daß der Eidotter aus zweierlei verschiedenen Reihen von Stoffen, eiweißartigen und fettigen, zusammengesetzt ist. Indessen erfüllt der Dotter die Höhle der Zona nicht durchaus. An einem Punkte seiner Oberfläche, und meistens hart an der inneren Wand der Zona, liegt ein kleines, vollkommen durchsichtiges, mit wasserheller Flüssigkeit gefülltes Bläschen, welches etwa $1/_{80}$ Linie im

Durchmesser mißt, und eine äußerst feine zarte Hülle besitzt, welche die erwähnte wasserhelle Flüssigkeit in sich schließt. Dieses feine Bläschen, des Keimbläschen oder Purkinje'sche Bläschen, wie es nach seinem Entdecker benannt wird, findet sich in allen, noch im Eierstocke befindlichen Eiern, ohne Ausnahme in dem ganzen Thierreiche, und stellt sich dadurch als ein durchaus constantes Element des unbefruchteten Eies dar. Außer der wasserhellen Flüssigkeit zeigt sich in seinem Inneren bei dem Säugethiere und dem Menschen ein kleiner rundlicher, dunkler Fleck, der etwas körnig aussieht, allein zu klein ist, um sonstige Struktur erkennen zu lassen. Bei vielen anderen Thieren findet sich Statt dieses einfachen Keimfleckes eine größere oder geringere Zahl bläschenartiger Gebilde, welche oft wie platte Fetttröpfchen aussehen und hier und da an der Innenwand der Keimbläschenhülle zerstreut liegen.

Fassen wir demnach noch einmal die einzelnen Theile des Eies übersichtlich zusammen, so zeigt sich dasselbe aus zwei excentrisch in einander geschachtelten, kugelförmigen Bläschen gebildet, nämlich aus einem inneren kleineren, dem Keimbläschen, und einem umhüllenden größeren, der Zona. Jedes dieser Bläschen hat einen besonderen Inhalt; das Keimbläschen einen wasserhell flüssigen, in welchem der körnige Keimfleck sich findet, die Zona einen festeren, den Dotter, in welchem an einer Stelle der Peripherie das Keimbläschen eingebettet liegt.

Das Eichen selbst befindet sich, wie schon oben bemerkt wurde, im Inneren des Graaf'schen Follikels. Dieser ist von einer eiweißartigen, klebrigen Flüssigkeit erfüllt, und von einer mehr oder minder dicken Haut umschlossen, welche einen Sack um diese Flüssigkeit bildet. Die Innenfläche dieser Haut ist mit einer Lage rundlicher Zellen gepflastert, welche um das Ei herum sich vermehren und dasselbe seitlich umhüllen, so daß also das Ei von einer Lage dieser Zellen umfaßt und einigermaßen in seiner Lage befestigt wird. Oeffnet man den Follikel, um das Ei austreten zu lassen, so reißen sich diese Pflasterzellen, welche ziemlich fest an der Oberfläche der Zona ankleben, von

der Innenwand des Follikels los und begleiten das Ei, welches dann unter dem Mikroskope etwa wie von einem Strahlenkranze oder einem Heiligenscheine umgeben scheint, in der That aber allseitig von diesen Zellen umgeben wird. Man glaubte eine Zeit lang diesen Zellen eine besondere Wichtigkeit zuschreiben zu müssen, weshalb man diesen Strahlenkranz mit dem Namen der „Keimscheibe“ (Discus proligerus) bezeichnete. Neuere Beobachtungen haben indeß dargethan, daß diese Zellen bei der Entwickelung des Eies durchaus keine Rolle spielen, im Eileiter bald abgestreift werden und gänzlich verloren gehen; mithin eher als ein zu dem Follikel gehöriges Gebilde angesehen werden müssen.

Betrachtet man die Struktur des Eies in dem Eierstocke, sowohl bei wirbellosen als bei Wirbelthieren, so zeigt sich dasselbe überall aus denselben Theilen gebildet. Man findet überall als äußere Hülle eine Dotterhaut, welche in den meisten Fällen aber nur zart und fein ist, und einzig bei den Säugethieren als Zona eine bedeutende Dicke erreicht. Ueberall findet sich auch ein Dotter, dessen Consistenz und Farbe sehr häufigen Verschiedenheiten unterworfen ist, während seine Zusammensetzung insofern überall dieselbe ist, als er stets, wie schon oben bemerkt, aus zweierlei Stoffen, einem eiweißartigen und einem fettartigen, besteht. Das Fett selbst ist bald mehr oder minder flüssig, wie in dem Dotter des Hühnereies, bald mehr fest. Oft bildet es nur mikroskopische Körnchen, wie in den Säugethiereiern, während der Dotter der Fische Tropfen enthält, die man schon mit bloßen Augen wahrnehmen kann. In vielen Fällen ist dies Fett durchaus farblos, sehr häufig aber auch gelb oder orange, zuweilen selbst von grüner, hochrother oder violetter Farbe, die sich dann dem ganzen Dotter mittheilt. Das Keimbläschen mit einfachen oder mehrfachen Keimflecken ist ebenfalls ein constantes Gebilde in denjenigen Eiern, welche noch innerhalb des Eierstockes befindlich sind. Es liegt stets in der Nähe der Peripherie des Dotters und meist an der Innenwand der Dotterhaut angelagert. Das Ei innerhalb des Eierstockes

zeigt demnach durchaus beständige, unzweideutige Charaktere, und wenn es nicht früher bei den Säugethieren entdeckt wurde, so lag die Schuld daran, daß man erwartete ein Gebilde zu finden, welches mit bloßen Augen sich leicht entdecken ließe und einige Aehnlichkeit mit dem so wohl bekannten Vogeleie besäße. Durch die Existenz der Follikel irre geleitet, vergaß man den Inhalt derselben genauer zu untersuchen.

Jeder meiner Leser kennt das Hühnerei, und es mag deshalb nicht unstatthaft sein, einen Augenblick auf die Struktur desselben einzugehen, um zu zeigen, in welchem Verhältnisse der Bau desselben zu demjenigen des Säugethiereies steht. Es ist leicht, durch Oeffnung einiger frischen und einiger hartgekochten Eier sich eine Anschauung dieser Verhältnisse zu verschaffen, ein Verfahren, welches wesentlich zum Verständnisse des Vorigen beitragen möchte. Die Kalkschale, welche das Hühnerei umschließt, ist in ihrem Inneren von einer dünnen, milchweiß gefärbten Haut ausgekleidet, welche die Schalenhaut heißt. Auf diese folgt das Eiweiß, das nach innen, gegen den Dotter hin, stets dickflüssiger wird, und in dessen Inneren man zwei spiralartig gedrehte Stränge unterscheidet, welche von den beiden Polen des Eies gegen den Dotter hinlaufen und diesen in seiner Lage zu erhalten scheinen. Diese beiden Stränge, die sogenannten Hagelschnüre oder Chalazen, sind nur aus festerem Eiweiß gebildet und ein Resultat der spiraligen Drehung des Eies im Eileiter. Alle die genannten äußeren Theile des Hühnereies : Kalkschale, Schalenhaut, Eiweiß und Hagelschnüre, finden sich nicht an dem Säugethiereie und eben so wenig an dem Vogeleie, so lange dieses noch in dem Eierstocke eingeschlossen ist. Sie werden erst später, nach der Lostrennung des Eies von dem Eierstocke, während der Wanderung der Dotterkugel durch den Eileiter, umgebildet, und können deshalb bei einer Vergleichung des Hühnereies mit dem Eierstocksei des Säugethieres nicht in Betracht gezogen werden.

Im Inneren des Eiweißes schwimmt bei dem Hühnereie eine orangegelbe Kugel, die Dotterkugel, deren dickliche

Flüssigkeit beim Kochen erstarrt. In frischem Zustande wird diese Flüssigkeit in Kugelform erhalten durch eine feine, aber doch ziemlich feste Haut, die Dotterhaut, von deren Existenz man sich leicht überzeugen kann, indem man den Dotter von dem Eiweiße befreit und ihn dann ansticht, so daß die Flüssigkeit herausläuft. Man sieht dann die Dotterhaut sich kräuseln und Falten werfen. Der Dotter besteht deutlich aus zweierlei Substanzen, wie man leicht sehen kann, wenn man einen senkrechten Schnitt durch ein hartgekochtes Ei führt.

Im Inneren findet sich eine weißlichere Masse, während die äußere Dottersubstanz stets fester und gelber erscheint. Der innere, weißliche Dotter hat eine flaschenförmige Gestalt — der Boden der Flasche nimmt den Mittelpunkt des Eies ein — der Hals würde an derjenigen Stelle des Dotters, welche von demselben nach oben gekehrt wird, nach außen münden. An dieser Stelle, die sich stets, wie man auch das Ei drehen mag, beim Oeffnen zeigt, sieht man einen weißlichen Ring, der meist in der Mitte durchsichtig ist und zuweilen mehrere concentrische Kreise um sich hat. Man nennt diese Stelle den Hahnentritt. In der Mitte des Hahnentrittes liegt bei noch unentwickelten Eiern das Keimbläschen mit dem Keimflecke eingebettet. Auch in dem Vogel ist das Keimbläschen außerordentlich klein und nur unter dem Mikroskope sichtbar, meistens auch schon verschwunden, wenn das Ei gelegt ist, während es in dem Ei, das noch nicht den Eierstock verlassen hat, deutlich erkannt werden kann. Die weißlichen Ringe, zwischen denen das Keimbläschen eingebettet ist, sind von eigenthümlich gestalteten Dotterelementen gebildet. Verfolgt man nun die Entwickelung des Hühnereies innerhalb des Eierstockes nach rückwärts, so zeigt sich Folgendes: Betrachtet man den Eierstock eines Huhnes, der, wie jedem bekannt, eine traubenförmige Gestalt hat, einfach ist und hart an der Wirbelsäule etwas mehr an der linken Seite liegt, so erscheinen die Eier um so weißlicher, je kleiner sie sind. Der Hahnentritt wird immer undeutlicher, je jüngere Eier man betrachtet, und es erscheint das primitive Ei aus einem hellen,

großen Keimbläschen nnd einem körnigen weißlichen Dotter zusammengesetzt. Die bildenden Bestandtheile sind demnach durchaus dieselben, wie bei dem Säugethierei, und dies Ei liegt ebenso in dem vom Eierstocke gebildeten Eisacke, wie das Säugethierei in seinem Follikel. Nun aber tritt ein Unterschied ein. Es bildet sich keine Dotterhaut, oder wenn sich eine solche bildet, so geht sie sehr schnell unter dem bedeutenden Absatze schichtenweiser Lagen von Zellen unter, die sich auf den körnigen Dotter niederschlagen und so allmählich als gelber Dotter sich darstellen und die Hauptmasse des Eies ausmachen. Der innere körnige weißliche Dotter des Vogeleies ist demnach der primitive Dotter; die gelbe Hauptmasse erst eine spätere Zellenablagerung, die sich zuletzt mit einer Dotterhaut umhüllt. Auf diese Weise entsteht der Unterschied, welcher sich zwischen dem Hahnentritte, dem Dotter an der Peripherie und im Inneren schon dem bloßen Auge bemerklich macht. Diese Verschiedenheit entwickelt sich erst gegen die Reife des Eies hin; in dem unreifen Eierstockseie zeigt sich der Dotter eben so gleichförmig in allen seinen Theilen, wie in dem Säugethierei, und erst durch die Ausbildung des Eies wird eine Verschiedenheit gegeben, die wir mit den Worten: „Bildungsdotter“ und „Nahrungsdotter“ bezeichnen können, indem der primitive Dottertheil wesentlich zur Bildung des Embryo's in Beziehung steht, während der gelbe spätere Dottertheil zum weiteren Ausbau und zur Nahrung des schon gebildeten Embryo's verwendet wird. Bei den Säugethieren fehlt eine solche Trennung zwischen Bildungsdotter und Nahrungsdotter durchaus, da hier der Embryo wesentlich durch von der Mutter zugeführten Stoff ernährt wird.

Man glaubte früher, die Follikel im Eierstocke der Säugethiere und Menschen für die eigentlichen Eier halten zu müssen, während sie doch wirklich den traubenförmigen Säcken entsprechen, in welchen die Eier des Vogels und der meisten eierlegenden Thiere eingehüllt sind. In der That sind auch die Eisäcke innerlich mit Zellen gepflastert, welche große Aehnlichkeit mit denjenigen besitzen, die das Ei der Säugethiere im Inneren des

Follikels umhüllen und die sogenannte Keimscheibe bilden. Der Follikel der Säugethiere und des Menschen unterscheidet sich demnach nur dadurch von dem Eisacke anderer Thiere, daß er verhältnißmäßig zu dem Eie eine ungemeine Größe erreicht und viele Flüssigkeit enthält, in welcher das klein bleibende Ei schwimmt, während bei den eierlegenden Thieren der Eisack das Ei, welches ein bedeutendes Volumen erreicht, von allen Seiten dicht umschließt. Eben so erscheint der Eierstock des Menschen nur deshalb nicht traubig, wie derjenige der Vögel und vieler Säugethiere, weil die faserige Zwischensubstanz zwischen den Eisäcken bei letzteren nur sehr wenig entwickelt ist, während sie in dem menschlichen Eierstocke alle Zwischenräume der Follikel erfüllt.

Die Entwickelung des Eies innerhalb des Eierstockes erschien von jeher als ein äußerst wichtiges Problem, und ist bis jetzt noch nicht ganz vollständig gelöst worden. Bei den Säugethieren ist dies Verhältniß schwer zu ermitteln, da die große Menge der faserigen Grundsubstanz des Eierstockes die jungen Eier zu sehr umhüllt. Betrachtet man aber die dünnen häutigen Blätter, aus welchen die Eierstöcke der Fische gebildet sind, so zeigen sich in diesen die kleinsten Eier ganz hüllenlos zwischen den Fasern eingebettet, und erst um die größeren findet man deutliche Eisäcke. Man möchte hier fast versucht werden, anzunehmen, das entstehende Ei verhalte sich etwa so, wie ein eingedrungener fremder Körper, um welchen sich allmählich ein Balg bildet, der ihn einhüllt und abschließt von der umgebenden Substanz der Organe und in dem Verhältniß wächst, als der durch den fremden Körper verursachte Reiz zunimmt. Bei den Säugethieren und dem Menschen erscheinen die Graaf'schen Bälge sehr früh. Sie zeigen sich als ein Zellenhaufen um eine centrale Zelle, das Keimbläschen des werdenden Eies. Der Zellenhaufen umgiebt sich sehr bald mit einer Haut — der Haut des Follikels —, um das Keimbläschen lagert sich Dottermasse und die anfangs äußerst feine Dotterhaut, und das Gebilde erscheint nun als ein Balg, innen mit Zellen gepflastert, der ein primitives Ei ganz

eng umschließt. Später wird der Balg größer und das Ei, das ihn Anfangs ganz ausfüllte, lagert dann an seiner Peripherie. Diese Beobachtung enthält auch schon die Geschichte der einzelnen Elemente des Eies — man sieht, daß das Keimbläschen vor dem Dotter vorhanden ist. Bei vielen anderen Thieren hat man dasselbe beobachtet. So hat man namentlich in den röhrenförmigen Eierstöcken der Insekten gesehen, daß die äußersten feinen Enden dieser Organe nur noch freie, isolirte Keimbläschen enthalten, während im weiteren Verlaufe der Röhre sich vollständig entwickelte Eier mit Dotterhaut, Dotter und eingeschlossenen Keimbläschen befinden. Bei einer ganzen Ordnung der Eingeweidewürmer, den Trematoden, findet sich der Eierstock in zwei besondere Organe zerspalten. In dem einen dieser Organe, dem Keimstocke, werden nur die Keimbläschen gebildet, die sonach in das zweite Organ, den Dotterstock, übertreten und dort Dotter und Dotterhaut umgebildet erhalten. Es kann also nach diesen Beobachtungen nicht bezweifelt werden, daß das Keimbläschen sich zuerst bildet, daß aber je in der Succession der Dottergebilde und des Eisackes Verschiedenheiten auftreten können, indem bald hier der Eisack, bald dort der Dotter mit der Dotterhaut sich früher um das primitive Keimbläschen umbildet.

Bei vielen Thieren setzt sich der Eierstock unmittelbar in den Eileiter fort, der die Produkte nach außen führt. Bei dem menschlichen Weib hingegen ist der Eierstock vollkommen isolirt und von dem Eileiter getrennt. Dieser letztere bildet jederseits eine enge Röhre, welche sich gegen den Eierstock hin in Form eines Trichters öffnet. Der Rand dieses Trichters ist mit Falten und Fransen besetzt, welche den Eierstock umfassen und das aus demselben herausfallende Eichen auffangen können. Die Wandungen der Eileiter sind überall aus muskulösen Fasern gesponnen und dadurch energischer Zusammenziehungen fähig, welche, wie diejenigen des Darmes, sich wurmförmig von dem Trichter nach unten hin fortsetzen und auf diese Weise einen innerhalb des Eileiters befindlichen Körper von dem Trichter

weg nach unten fortbewegen können. Auf der inneren Fläche des Eileiters befindet sich eine große Anzahl von Drüsen, welche das Eiweiß absondern. Außerdem ist noch diese innere Fläche mit einer sehr lebhaften Wimperbewegung ausgestattet, deren Richtung von dem Trichter aus abwärts geht. Es ist somit sowohl durch die wurmförmigen Zusammenziehungen als durch die Richtung der Wimperbewegung Alles darauf eingerichtet, daß in dem Eileiter enthaltene Körper, und zwar namentlich die Eier, durch die Röhre nach außen geschafft werden können.



Fig. 26.

Durchschnitt des weiblichen Körpers.

w. Die Gebärmutter, in der Mitte durchschnitten, so daß man ihre innere Höhle sieht, welche die Fortsetzung der Scheide z bildet. Eileiter und Eierstöcke, als seitliche symmetrische Organe, sind nicht sichtbar. x. Harnblase. y. Mastdarm. α. Schambein.

Beide Eileiter münden an ihrem unteren Ende bei dem Menschen in einen mittleren Körper ein, der die Gebärmutter oder der Uterus heißt. Im gewöhnlichen jungfräulichen Zustande hat dieser Körper eine plattgedrückte, birnförmige Gestalt, sehr dicke, aus eigenthümlichen Fasern gewebte Wände, und nur eine kleine innere Höhlung, welche eine dreieckige Gestalt hat, und in deren beide hintere Zipfel die Eileiter ausmünden. Die Gebärmutter ist der Behälter, in welchem bei den Säugethieren der Fötus sich entwickelt. — Die Gestalt dieses Behälters wechselt außerordentlich bei den verschiedenen Säugethieren. Nur bei der geringen Minderzahl derselben ist die Gebärmutter einfach, wie bei dem Menschen; bei den meisten ist sie mehr oder minder tief in zwei seitliche Theile, sogenannte Hörner gespalten, an deren Ende der Eileiter einmündet. Im Inneren der doppelten oder einfachen Höhle bettet sich das Ei ein, sobald es durch den Eileiter hindurchgegangen ist, und verbleibt darin bis zu seiner Ausstoßung im Momente der Geburt. Der Uterus ist deshalb einer außerordentlichen Ausdehnung fähig. Er erfüllt gegen das Ende der Schwangerschaft fast gänzlich die Bauchhöhle, indem die übrigen Eingeweide auf den kleinsten Raum zurückgedrängt werden. Die Frucht selbst tritt in einen organischen Zusammenhang mit den Wänden der Gebärmutter, aus deren Blutgefäßen sie, wie wir später sehen werden, ihre Nahrung zieht. Zu diesem Endzwecke vergrößern sich die Blutgefäße des Uterus in demselben Verhältnisse, wie sich sein Umfang vergrößert und seine Fasern an Masse zunehmen. Die Zusammenziehungen dieser Fasern sind es, welche bei der Geburt die Frucht aus der Höhle des Uterus hinaustreiben und nachher die Gebärmutter wieder allmählich auf einen Umfang zurückführen, welcher dem ursprünglichen jungfräulichen Zustande nahe kömmt.

Es ist zu unserem Zwecke unnöthig, hier näher auf Gestalt und Struktur der äußeren Zeugungsorgane einzugehen, welche hauptsächlich nur dem Zwecke der Begattung entsprechend gebaut

sind, und die Berührung der beiderseitigen Zeugungsstoffe, des Samens und des Eies, vermitteln sollen. An welchem Orte diese Berührung bei den Säugethieren zu Stande kommt und welcher Art die Vorgänge seien, die sich zur Berührung dieses Zweckes die Hand bieten, dies darzustellen soll der Gegenstand der folgenden Briefe sein.

Neunzehnter Brief.

Die Zeugung der Thiere.

Alle Organismen ohne Ausnahme haben eine bestimmte Lebensdauer, während welcher sie sich entwickeln, eine Zeit lang auf einem gewissen Höhepunkte erhalten, nachher von diesem zurücksinken, der endlichen Auflösung und dem Tode verfallen. Es würde sonach, da der Tod allen Organismen unvermeidlich bevorsteht, und bei den Thieren, im Verhältniß zu den Pflanzen, die Lebensdauer nur sehr kurz ist, die Ausrottung der Art unvermeidlich sein, wenn nicht die Zeugung und Fortpflanzung das Mittel an die Hand gäbe, auch nach dem Untergange der gerade lebenden Individuen durch Fortpflanzung die Art zu erhalten. Wenn wir uns umschauen in dem Thierreiche, so sehen wir die Fortpflanzung in mannichfacher Art bewerkstelligt, und die Vergleichung dieser verschiedenen Vorgänge mit demjenigen beim Menschen ergiebt viele der wichtigsten Resultate, die wir dem Leser nicht vorenthalten dürfen.

Oft und viel hat man, namentlich in älteren Zeiten, von der Urzeugung oder geschlechtlosen Zeugung gewisser Thiere gesprochen. Man verstand darunter die unmittelbare Erzeugung lebender Wesen aus organischen Stoffen, welche in keiner durch Fortpflanzung bedingten Beziehung zu diesen Wesen standen. Je mehr indeß die Fackel der Wissenschaft in das Dunkel leuchtete, welches die Entstehungsweise der thierischen Organis-

men umhüllte, desto mehr wurden diese Ansichten von einer Generatio aequivoca, wie man die Urzeugung auch ziemlich allgemein nannte, zurückgedrängt. Wenn man indessen auch bald einsah, daß die Aale nicht, wie der alte Aristoteles noch glaubte, aus dem Schlamme der Gewässer oder die Maden aus den faulenden Leichnamen entstünden, so behielt man dennoch hinsichtlich einiger Thierklassen die alte Meinung bei, und noch mancher Naturforscher unserer Tage sucht dieselbe zu vertheidigen und mit Gründen zu belegen. Es waren namentlich die Infusionsthierchen, die Eingeweidewürmer und einige schmarotzende Insekten, bei welchen man die Urzeugung aus ungleichartigen Stoffen, nicht aber aus vorher vorhandenen Keimen annehmen zu müssen glaubte, und in der That sprechen manche Erscheinungen für eine solche Annahme, die wir um so ausführlicher besprechen müssen, als es leicht gelingt, den Laien oder den flüchtigen Beobachter für dieselbe zu gewinnen.

Uebergießt man irgend einen organischen Stoff, welcher Art er auch sei, mit Wasser und läßt ihn einige Zeit an der freien Luft stehen, so entwickeln sich alsbald eine Menge mikroskopischer Pflanzen und Thiere, welche in der faulenden Materie wuchern und aus derselben entstanden zu sein scheinen. Die große Menge dieser mikroskopischen Pflanzen und Thierchen, ihre so äußerst schnelle Entstehung und die Gleichartigkeit derselben unter gleichen Verhältnissen schienen die Annahme zu rechtfertigen, daß diese schmarotzenden Organismen unter der gleichzeitigen Einwirkung von Luft, Wasser und organischer Substanz entstanden seien. Es bedurfte entscheidender Versuche, um zu zeigen, daß diese Infusionsthierchen und Schimmelpflanzen entweder lebend, aber im vertrockneten und eingekapselten Zustande, oder auch als Keime und Sporen in der Luft umherschwebten, und in dem Aufgusse einen geeigneten Mutterboden fänden, in welchem sie sich entwickelten. Man mußte zeigen, daß die Entstehung solcher Organismen unmöglich sei, sobald die Keime derselben in der Luft, in dem Wasser und in der organischen Substanz, welche man zum Aufgusse wählte, vollkom-

men zerstört waren, und auf der andern Seite mußte man beweisen, daß die Fortpflanzungsfähigkeit dieser niederen Organismen wirklich hinreichend groß sei, um in wenigen Stunden oder Tagen Tausende von Individuen erzeugen zu können.

Die neueren Untersuchungen über Infusorien und Schimmelpflanzen beweisen in der That, daß die Fortpflanzungsfähigkeit derselben außerordentlich sei. Ein Schimmelfaden, welcher in wenigen Stunden aus einem Keimkerne, einer Spore hervorwuchert, streut nach Verlauf dieser Zeit Hunderttausende von unendlich kleinen Sporen aus, die eben so schnell wuchern und sich vervielfältigen. Niedere Infusorien theilen sich der Quere nach, und jedes aus der Theilung hervorgegangene Thier kann sich nach Verlauf weniger Stunden von neuem theilen, so daß die Fortpflanzung in geometrischer Reihe sich vervielfältigt; Räderthierchen, welche einer eigenen, höher organisirten Klasse von wurmartigen Geschöpfen angehören, pflanzen sich durch Eierlegen so ungemein schnell fort, daß ein einziges Mutterthier binnen 24 Stunden eine Nachkommenschaft von mehreren tausend Individuen haben kann. So ist demnach die äußerst schnelle Vermehrung solcher Organismen durch mütterliche Zeugung eine erwiesene Thatsache, und nicht minder groß ist die Lebensfähigkeit dieser Thiere und Pflanzen, sowie ihrer Keime. Räderthierchen, Bärenthierchen und Infusorien leben wieder auf beim Uebergießen mit Wasser, nachdem sie Jahre lang in vertrocknetem Zustande scheintodt zugebracht hatten, und nur die Siedhitze, welche das Eiweiß gerinnen macht, tödtet diese niederen Thiere und ihre Keime unwiderruflich. Im vertrockneten Zustande aber sind diese Thierchen so leicht, daß der geringste Luftzug sie entführt. Man hat in der neuesten Zeit nachgewiesen, daß eine Menge Infusorien beim Austrocknen des Wassers, in welchem sie leben, sich einkapseln, und so, gegen die vollständige Austrocknung geschützt, lange Zeit hindurch dem günstigen Momente entgegenharren können, wo frische Feuchtigkeit ihren Lebensprozeß von Neuem unterhält. In diesem eingekapselten Zustande werden zugleich neue Fortpflanzungsweisen eingeleitet, welche ebenfalls

eine unendliche Vermehrung der Keime beabsichtigen. Nicht nur in dem gewöhnlichen Staube, sondern auch in dem Passatstaube, der durch die in höheren Regionen der Atmosphäre herrschenden regelmäßigen Winde oft auf ungeheuere Strecken verführt wird, hat man eine Menge von Schälchen und Panzern solcher mikroskopischer Thierchen und Pflänzchen gefunden, welche auf diese Weise aus den vertrockneten Gewässern aufgehoben und über einen bedeutenden Theil der Erdoberfläche ausgestreut wurden. Man kann deshalb wohl sagen, daß die Luft beständig mit unendlich kleinen Keimen und vertrockneten Thierchen erfüllt ist, daß die Stäubchen, welche uns im Strahle der Sonne sichtbar werden, großen Theils nichts anderes sind, als trockene Keime organischer Wesen, welche nur des günstigen Mutterbodens harren, um sich auf demselben zu vervielfältigen.

Den direkten Beweis dieser Annahme liefert ein einfacher Versuch, welcher vielfach modificirt stets dasselbe Resultat giebt. Der Zweck dieses Versuches ist der, in einem Aufgusse organischer Substanz alle Keime zu zerstören, und nachher nur solche Luft zuzulassen, in welcher ebenfalls alle Keime auf irgend eine Weise zu Grunde gerichtet worden sind. Bildeten sich unter diesen Gegenständen Infusorien oder Schimmelpflanzen, so war der Beweis geliefert, daß sie auch ohne Intervention von Keimen, also durch Urzeugung entstehen konnten; — im Gegentheile mußte man die Erzeugung derselben den in der Luft oder im Wasser vorhandenen Keimen zuschreiben. Man stellte nun den Versuch in der Art an, daß man Fleisch z. B. in einem Kolben mit Wasser kochte, und nach längerem Kochen den Kolben so verstopfte, daß man einen Luftzug nach Belieben durch denselben streichen lassen konnte. Durch das längere Kochen wurden alle Keime und Thiere oder Pflanzen ertödtet, welche sich im Wasser oder auf dem Fleische befanden. Die durchstreichende Luft aber leitete man vorher durch ein glühendes Rohr, durch Schwefelsäure, Aetzkali oder irgend eine andere Substanz, und zerstörte auf diese Weise alle in dem Luftstrome enthaltenen und

mit ihm weggeführten Keime, ohne die Zusammensetzung der Luft selbst im Geringsten zu ändern. Das Fleisch zersetzte sich, faulte, ohne daß je eine Spur von Infusorien entstand. Oeffnete man aber den Kolben, oder ließ man Luft einstreichen, welche nicht auf die angegebene Weise behandelt war, so erzeugten sich in wenigen Stunden große Mengen von pflanzlichen und thierischen Organismen, Schimmelpflanzen und Infusorien.

Dieser Versuch ist so schlagend und in seiner Einfachheit so überzeugend, daß man die Urzeugung der Infusorien in jetziger Zeit vollen Ernstes nicht mehr behaupten kann. Diejenigen freilich, welche den Werth physikalischer Beweise in den physiologischen Wissenschaften nicht einsehen wollen oder können, und denen eine vorgefaßte irrige Meinung mehr gilt, als die bewiesene Wahrheit, diese mögen fortfahren, die Urzeugung der Infusorien zu behaupten; sie liefern damit nur einen Beweis ihrer blinden Thorheit.

Eine andere Klasse von Thieren, für welche man bisher die Urzeugung vindicirte, ist diejenige der Eingeweidewürmer, der inneren Schmarotzer, welche auf Kosten anderer Thiere leben. Man findet Eingeweidewürmer nicht nur in dem Darme und in dessen Nebenhöhlen, in welche sie von außen her gelangen können, sondern auch in dem Inneren von Organen, welche durchaus geschlossen sind und in die man nicht ohne gewaltsame Zerstörung und Durchbohrung eindringen kann. Die Drehkrankheit der Schafe wird von einem eingekapselten Bandwurm, einem Blasenwurm, erzeugt, der sich im Inneren des Gehirnes einnistet; in dem Inneren der Fischaugen, mitten in dem Glaskörper, leben sehr oft Würmer in großer Anzahl; in dem Muskelfleische vieler Thiere und des Menschen, in den inneren Häuten, ja selbst in Knorpeln und Knochen findet man zuweilen Eingeweidewürmer, die unmöglich unmittelbar von außen her in die überall geschlossenen Organe gelangt sein können. Welche andere Annahme ist hier möglich als die, daß sich diese Schmarotzer auf Kosten der Substanz des lebenden Thieres erzeugt haben und nun an dem Orte ihrer Entstehung fortleben? Hierzu

[illegible] [illegible], daß [illegible] [illegible] ihre eigenthümlichen Schmarotzer-[illegible] [illegible], und daß es nur sehr wenige Arten von Einge-[illegible] [illegible] [illegible] mehreren Thieren gemeinschaftlich [illegible]. [illegible] [illegible] [illegible] Schmarotzer [illegible] einem Individuum in [illegible] [illegible] [illegible], da sie außerhalb der Organismen, in [illegible] sie [illegible] meist [illegible] zu Grunde gehen und sterben? Ist es nicht [illegible] [illegible], daß der Schmarotzer sich in dem [illegible] selbst [illegible] und [illegible] [illegible] [illegible] Tod beim Ueber-[illegible] [illegible] [illegible] anderes Thier oder die [illegible], daß sie nur in [illegible] Organismus [illegible] [illegible], in welchem sie erzeugt [illegible]

Die neuen [illegible] über Eingeweidewürmer haben [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] vollständige Antworten gegeben, daß [illegible] [illegible] [illegible] an [illegible] [illegible] derselben nur mit Mühe [illegible] [illegible]. [illegible] [illegible] [illegible] Anatomie derselben gezeigt, [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], als auch die Keime und Eier [illegible] [illegible] [illegible] in [illegible] Zahl sich vorfinden. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] jedem seiner Glieder, deren er [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], einen vollständigen männlichen [illegible] [illegible] [illegible], und jedes Glied enthält Hun-[illegible] [illegible] [illegible] von Eiern, die selbst in faulenden Flüssigkeiten [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] sich unversehrt erhalten [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] werden können. Ein [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] fadenförmigen Eierstöcken [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] Millionen mikroskopi-[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] ebenfalls ungemein groß zu [illegible] [illegible]. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] Häufung der Keime [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] Schmarotzerthieren, wenn dieselben [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] wären? Wenn es wahr wäre, daß die Schmarotzer [illegible] [illegible] [illegible] sie beherbergenden Organis-men entständen [illegible] [illegible] die Millionen von Eiern, die ein ein-ziges Individuum [illegible] [illegible] [illegible], eine nutzlose Verschwendung [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], und wozu dann in diesem Falle die [illegible] [illegible] [illegible] nach außen, die bei vielen Arten sogar [illegible] regelmäßigen Zeiten wiederkehrt? Man weiß, daß die

Bandwürmer gewisser Fische ihre mit Eiern erfüllten Glieder im Frühjahre abstoßen, daß diese Glieder nach außen entleert werden, während der gliederlose Kopf im Darme sitzen bleibt. Hinter diesem Kopf erzeugen sich während des Sommers und Herbstes neue Glieder, die im Winter sich allmählich mit Eiern füllen und im Frühjahre aufs neue abgestoßen werden. Bei dem breitgliederigen Bandwurme des Menschen, dem sogenannten Grubenkopfe (Bothriocephalus latus), zeigen sich ähnliche Perioden der Gliederabstoßung, die nach meiner eigenen Erfahrung zweimal im Jahre, im Frühlinge und Herbste, wiederkehren. Zu dieser Zeit treten meist die Beschwerden, welche ein Bandwurm erzeugen kann, periodisch mit größerer Heftigkeit auf, und endigen mit der Ausstoßung von Gliedern, die mit reifen Eiern vollgepfropft sind.

Diese Thatsachen schon machen es wahrscheinlich, daß die Eier der Eingeweidewürmer, welche in so ungeheueren Massen ausgestoßen werden, auch nur deshalb in so großer Zahl erzeugt wurden, damit Hunderttausende davon zu Grunde gehen könnten, ohne daß darum die Art ausstürbe. Ein oder das andere Ei findet durch Zufall einen günstigen Mutterboden, in welchem es zu weiterer Entwickelung gelangen kann, während die übrigen, welche nicht so begünstigt werden, umkommen, ohne zur Entwickelung zu gelangen. Ja man kann dreist behaupten, daß die schädlichen Einflüsse, welche die Eichen bedrohen, ungemein zahlreich und verheerend in ihrer Wirkung sein müssen, wenn sie eine wahre Ueberschwemmung mit Eingeweidewürmern verhindern sollen. Ein Mensch, ein Kind, das ein Dutzend Spulwürmer beherbergt, was doch wahrlich nicht allzuselten ist, liefert in einem Jahre 72 Millionen Eier in die Abtrittsflüssigkeit. Diese wird in vielen Ländern beim Garten- und Feldbau benutzt, in anderen fließt sie unbenutzt in Bäche und Flüsse. Millionen und Millionen dieser Eier werden zu Grunde gehen, aber das eine oder andere wird, vielleicht mit einem Salatblatte, vielleicht mit einem Trunk Wasser, wieder verschluckt, und das einzige Individuum, welches sich aus diesem Eie entwickelt, genügt, um

[illegible] zu erzeugen, welche gleichem [illegible]

[illegible] des oben erwähnten breiten [illegible] in dieser Beziehung in- [illegible] in der Schweiz, [illegible] außerordentlich häufig [illegible] namentlich so häufig, [illegible] jeder Einwohner seinen [illegible]. In Deutschland und Frankreich findet [illegible], welche längere Zeit [illegible]. Eingeborene [illegible] das Land nicht verließen, wer [illegible] Wurme, dem Kürbisband- [illegible] der viel seltener ist, viel [illegible] viel schwerer abzutreiben ist, [illegible] Bandwurm Bothriocephalus [illegible] dieses letzteren Wurmes [illegible] oft mehrere Tausende von [illegible] eigentlich nur ein ge- [illegible] aus dem Kopfe, dem [illegible], nach seiner Reife ab- [illegible] ein selbstständiges Leben [illegible] ist ungemein reich [illegible] Glieder perio- [illegible], daß sie sich in dem [illegible] in ungemeiner Anzahl [illegible] den genannten Ländern [illegible] der Düngung der Gärten nament- [illegible] nicht üblich ist. Man [illegible] zur Düngung, und begießt mit [illegible] den Abtrittsgruben ansammelt, die [illegible] übrigen Gartenkräuter, welche bei [illegible]. Man besäet demnach [illegible] Bandwurmeiern, und wenn [illegible] welche gekocht werden, die lebens-

fähigkeit der anhängenden Eier zerstört wird, so genießt man doch mit Salat, Petersilie u. s. w. eine ungeheuere Menge von Eiern, welche in dem Darmkanal ihre Entwickelung finden können. Daß diese kleinen Eichen durch das öftere Waschen der Gemüse gänzlich entfernt werden könnten, darf nur von solchen behauptet werden, die nicht wissen, daß es wahrlich fast unmöglich ist, eine glatte Glasplatte von allen anhängenden mikroskopischen Gegenständen durch Reiben und Bürsten zu reinigen. Man muß sich deshalb bei der allgemeinen Verbreitung dieser Behandlungsweise der Gartengewächse in den genannten Ländern und den durchaus ungenügenden Reinigungsmitteln der Gemüse vielmehr darüber wundern, daß es dort noch Individuen giebt, welche keine Bandwürmer besitzen.

Neuere Untersuchungen über die Fortpflanzung der Bandwürmer deuten auf noch andere Wege hin, auf welchen dieselben in das Innere des menschlichen Organismus gelangen können. Die Mehlkäfer und ihre Larven, die Mehlwürmer, welche überall in Getreidehaufen, in den Mehlkästen der Bäcker, in Compost- und Düngerhaufen sich finden, sind im Inneren vollgepfropft mit jungen Bandwürmern, die meist in eigene Kapseln eingeschlossen, innerhalb der Leibeshöhle an die Außenfläche des Darmes und Magens angeheftet sind. „Die Käfer und Larven,“ sagt der Entdecker dieser Thatsache, „welche ich auf dem Getreideboden meines väterlichen Hauses sammelte, waren im strengsten Sinne des Wortes so mit jungen, auf den verschiedensten Entwickelungsstufen stehenden Bandwürmern gespickt, daß ich die Zahl der auf dem Getreideboden vorhandenen Bandwurmindividuen, ohne mich einer Uebertreibung schuldig zu machen, weit in die Millionen schätzen muß.“ Und nun weist er nach, wie diese jungen Bandwürmer aus Eiern entstanden sind, die der Mehlwurm gefressen hat; wie innerhalb des Magens des Mehlwurmes aus diesen Eiern Embryonen ausgeschlüpft sind, mikroskopische, äußerst contractile, aus homogener, körniger Substanz gebildete Thierchen, welche mit sechs hornigen Häkchen bewaffnet auf die leichteste Weise sich durch die Wandungen des Magens durchbohren können, um in der Leibeshöhle sich zu

verpuppen, und zu einem vollständigen Bandwurmkopfe innerhalb der Puppenhülse sich auszubilden. Die Aehnlichkeit der so entstandenen jungen Bandwürmer mit den menschlichen ist zwar groß, jedoch noch nicht vollständig erwiesen. Gesetzt aber, dies wäre der Fall, sieht man sich dann nicht vollständig umgeben von Keimen, Puppenhülsen, Kapseln und jungen Bandwürmern, von welchen Millionen zu Grunde gehen können, bis ein Individuum in den Darm eines Menschen gelangt? Unser Hausgeflügel pickt mit Begierde die Mehlwürmer auf; unser Mastvieh, das Kleie, Schrot u. s. w. erhält, schlingt mit dieser Nahrung nicht nur eine Menge von Mehlwürmern, sondern auch deren Exkremente hinab. In dem Mehle, womit die Bäcker das tägliche Brod zu bestreuen pflegen, in dem Mehlpulver, welches beim Herumwälzen der eben gebackenen Laibe an der Unterfläche hängen bleibt, verzehren wir eine Menge von Exkrementen der Mehlwürmer, in denen ohne Zweifel Bandwurmeier und junge Bandwürmer sich finden. Alle diese Resultate hat man bei der Untersuchung einer einzigen Insektenart, die zu dem Menschen doch nur in entfernterer Beziehung steht, erhalten. Wie manche ähnliche Thatsachen müssen demnach bei weiterer Forschung zu Tage kommen, so daß man sich am Ende nur wird wundern müssen, daß das ganze menschliche Geschlecht nicht eben so mit Bandwürmern gespickt ist, wie die Mehlwürmer des Pfarrhauses von Niemegg.

Die vorstehenden Beobachtungen werfen ein Licht auf das Vorkommen schmarotzender Thiere in völlig geschlossenen Organen, zu welchen kein Weg nach Außen führt, wie z. B. mitten in den Muskeln, im Gehirne, in den Augen u. s. w. Die Embryonen, die jungen Thierchen bohren sich auf die leichteste Weise durch die Gewebe des sie beherbergenden Thieres durch und sind meistens sogar mit besonderen Stacheln, Haken oder ähnlichen Vorrichtungen versehen, welche später abfallen, sobald der Ort der weiteren Entwickelung erreicht ist. Man hat viele Beobachtungen über Wanderungen dieser Art, von welchen ich nur einige erwähnen will.

So findet man in den Fröschen zu einer gewissen Zeit sehr häufig eine Art von Fadenwürmern, die sich frei in der Bauchhöhle bewegen, und meistens in der Nähe der großen Gefäßstämme, welche aus der Leber in das Herz treten, sich aufhalten. Dieser Fadenwurm gebiert lebendige Junge; — seine inneren Geschlechtstheile, welche oben Eier enthalten, sind gegen ihr unteres Ende hin strotzend angefüllt mit Jungen, die sich sehr lebhaft bewegen und vollkommen den Essigälchen gleichen, welche Jedermann wohl aus eigener Anschauung kennt. Untersucht man nun das Blut eines Frosches, in welchem solche trächtige Fadenwürmer sich finden, so sieht man die Jungen in großer Anzahl innerhalb der Blutgefäße umhertreiben und mit den Blutkörperchen durch den Körper kreisen. Ich habe Frösche gefunden, wo man in dem kleinsten Haargefäße der Schwimmhäute oder der durchsichtigen Nickhäute des Auges solche junge Fadenwürmchen antraf, die sich lebhaft schlängelten und vollkommen in ihrem Elemente zu befinden schienen. Nach einiger Zeit verschwinden diese Würmchen aus dem Blute. Allein nun findet man sämmtliche Baucheingeweide, besonders aber die drüsigen Organe und das Bauchfell, mit unzähligen, kleinen weißen Punkten durchsäet, welche man unter dem Mikroskope als Kapseln erkennt. Diese Kapseln liegen im Inneren der Gewebe, aber stets in der Nähe von Blutgefäßen, und manchmal sieht man sie fast wie Perlschnüre längs den kleineren Blutgefäßstämmchen aufgereiht. Jede dieser Kapseln enthält einen aufgerollten Fadenwurm, der nach einiger Zeit die Puppenhülse durchbricht, um in die Bauchhöhle zu gelangen und dort bis zur vollständigen Größe anzuwachsen.

Betrachtet man die Vertheilung der Schmarotzer, welche im Inneren von Organen sich aufhalten, so sieht man dieselben immer in der Nähe größerer oder kleinerer Blutgefäßstämme, und zwar an solchen Orten, wo die Blutgefäße nur dünne Wandungen besitzen und demnach leicht durchbohrt werden können. Die Puppenhülsen sitzen stets ganz in der Nähe der Blutgefäße im Inneren der Gewebe. Es kann somit keinem Zweifel unter-

worfen werden, daß diejenigen Schmarotzer, welche im Inneren von Organen leben, durch die Blutgefäße dorthin gelangen, daß sie als Junge in mikroskopischer Kleinheit in die Blutgefäße sich einbohren, eine Zeit lang in denselben mit dem Blute umherkreisen, und an den zu ihrer Entwickelung geeigneten Orten die Blutbahn aufs Neue verlassen, um sich im Inneren der Gewebe anzubauen. Die erwähnten Beobachtungen sind nicht die einzigen, welche solches Kreisen der Eingeweidewürmer mit dem Blute darthun; man hat dergleichen in Fischen, Hunden und anderen Thieren gesehen.

Vor einigen Jahren machte die Entdeckung eines fast mikroskopischen Fadenwurmes, der eingekapselt in unzähligen Mengen in den Muskeln einiger Leichen gefunden wurde, vieles Aufsehen. Das Muskelfleisch war mit kleinen weißen Punkten, stecknadelkopfgroßen Kapseln durchsäet, in deren Innerem der Wurm spiralig zusammengerollt lag. Die Trichina spiralis, so nannte man diesen Wurm, ist ohne Zweifel ein solcher Fadenwurm, welcher in ähnlicher Weise, wie die Fadenwürmchen des Frosches, von den Gefäßen aus sich in die Muskeln einbohrt, dort sich einpuppt und dann wohl meistens abstirbt, so daß nur die innerlich verkalkte Kapsel darin zurückbleibt. Daß solche mikroskopisch kleine Thierchen, wenn sie die Blutgefäße durchbohren, weder Löcher noch Narben hinterlassen, welche die Durchbohrungsstelle angeben, ist wohl von vorne herein ersichtlich. Wäre es ja doch unmöglich, die Narbe eines Nadelstiches aufzufinden, wie viel weniger die Spur einer solchen Durchbohrung, die von einem Thierchen gemacht wurde, von welchen mehrere Hunderte zusammengebunden werden müssen, um die Dicke einer einzigen Nadel zu erreichen! Das oben angeführte Beispiel von dem Frosche weist eine Circulation nach, die in demselben Thiere Statt findet. Es ist indessen mehr als wahrscheinlich, daß mannichfaltige fadenwurmartige Geschöpfe von mikroskopischer Kleinheit, welche sich in kranken oder faulenden Gewächsen, in stehenden Gewässern, Bächen und Tümpeln in Menge finden, nur Junge von Eingeweidewürmern sind, welche zufällig von Thieren ver-

schluckt, sich aus dem Darme derselben mittelst Durchbohrung der Gewebe in verschiedene Organe des Körpers begeben und dort ihre Entwickelung vollenden.

Seitdem man einmal aufmerksam geworden war auf die mikroskopischen Würmchen, welche im Blute kreisen, auf die eingekapselten Schmarotzer, welche in allen Eingeweiden, in den Falten des Bauchfelles u. s. w. sich finden, wurde es durch wiederholte Beobachtung zum fast durchgreifenden Gesetz erhoben: daß die schmarotzenden Würmer in ihren Jugendzuständen sich durch die Gewebe hindurch Wege bahnen können. Man fand auch bald, daß dies namentlich dann geschah, wenn die Schmarotzer aus einem Wohnthiere in ein anderes übergeführt wurden, und man überzeugte sich ebenso, daß die Entwickelung vieler Schmarotzer einzig auf die Wanderung durch verschiedene Thiere hindurch berechnet ist. Der Schmarotzerwurm, der in einem gewissen Wohnthiere sein Leben beginnt, kommt in demselben nur bis zu einem gewissen Grade der Entwickelung, auf dem er stets innerhalb dieses Wohnthieres stehen bleibt. Wird aber dieses Wohnthier von einem anderen gefressen und gelangt hierdurch der Schmarotzer in den Darm eines anderen Thieres, so entwickelt er sich in demselben weiter. In den meisten Fällen ist die geschlechtliche Ausbildung an eine solche Ueberpflanzung aus einem Wohnthiere in das andere geknüpft. So findet man in dem gemeinen Stichling, einem kleinen Fische, der in allen Gewässern und Pfützen Mitteleuropas wohnt, einen besonderen Bandwurm, dessen Geschlechtstheile, so lange er sich im Fische befindet, stets in unentwickeltem Zustande bleiben. Wird aber der Stichling von warmblütigen Thieren, Wasservögeln, Wasserratten oder dergleichen Bestien gefressen, so setzt sich der Bandwurm im Darmkanale dieser Geschöpfe fest und entwickelt sich nun so vollständig, daß man ihn früher für eine andere Art ansah. Seine Glieder enthalten dann vollkommen ausgebildete Geschlechtsorgane mit reifen Eiern, welche durch den Koth der Vögel in das Wasser gelangen, dort von den Stichlingen, die sich großen Theils von faulenden thierischen

und pflanzlichen Stoffen nähren, gefressen werden, und aufs Neue in dem Darmkanale dieser Letzteren den Cyclus ihres Lebens beginnen.

Es giebt eine zahlreiche Gruppe von Eingeweidewürmern, welche man Blasenwürmer genannt hat, und bei denen auf einer mit wässeriger Flüssigkeit angefüllten Schwanzblase der Kopf und Anfangstheil eines Bandwurmes aufsitzt. Diese Blasenwürmer finden sich meist in dem Darme pflanzenfressender Thiere, und niemals zeigen sie eine Entwickelung von Geschlechtstheilen. Meistens vegetiren sie wohl eine lange Zeit hindurch fort; mehrere Arten vermehren sich durch Knospung, indem auf und in der Blase neue Bandwurmköpfe hervorsprossen. Dies ist namentlich der Fall bei dem Blasenwurme, der in dem Hirne des Schafes seinen Sitz aufschlägt und dort die bekannte Drehkrankheit erzeugt. Man wußte früher nicht, wie man diese Blasenwürmer ansehen, wie ihre Vermehrung deuten sollte. Jetzt ist dies Räthsel vollkommen gelöst. Die Blasenwürmer sind verirrte Bandwürmer, welche innerhalb des Körpers des pflanzenfressenden Thieres sich nicht weiter entwickeln können. Wird aber die Maus oder Ratte, welche einen solchen Blasenwurm im Darme hat, von einer Katze gefressen, das drehkranke Schaf von einem Wolfe oder Fuchse, das finnige Schwein von irgend einem reißenden Thiere, so entwickelt sich der Blasenwurm im Inneren der Eingeweide des Fleischfressers. Die Schwanzblase wird abgeworfen, der Bandwurm wächst, erhält Geschlechtstheile und pflanzt sich geschlechtlich fort. Man hat in der neuesten Zeit künstliche Versuche angestellt, indem man jungen Hunden Milch gab, in die man solche Blasenwürmer und ihre Knospen geschüttet hatte, und man hat nachher den Darm dieser jungen Thiere mit Bandwürmchen völlig besäet gefunden.

Es zeigen diese Beispiele, die ich noch bedeutend vervielfältigen könnte, daß viele Parasiten ihren Lebenscyclus in verschiedenen Thieren durchlaufen müssen, und zwar in solchen, welche einander zum Raube dienen, so daß der Schmarotzer aus einem Thiere unmittelbar in das andere übergeht und dort

allmählich seine Metamorphose erleidet. Es giebt hingegen auch Arten von Schmarotzern, welche längere Zeit frei wie andere Thiere leben und nur gewisse Perioden ihres Daseins als Schmarotzer hinbringen. Man trifft häufig in Gewässern aller Art einen ellenlangen Wurm, der drehrund und nicht dicker als ein Zwirnfaden, und bei dem Volke unter dem Namen des Wasserkalbes (Gordius aquaticus der Zoologen) bekannt ist. Wie lange dieses Thier frei im Wasser zubringe, weiß man nicht mit Bestimmtheit; so viel aber ist gewiß, daß man es Monate lang lebend in einem Glase mit Wasser erhalten kann und daß es lange Zeit als Schmarotzer in der Bauchhöhle der Heuschrecken sich aufhält. Mehrere Beobachter schon sind Zeugen gewesen, wie solche Wasserkälber aus dem Leibe anscheinend kranker Heuschrecken hervorbrachen, und sogar erst dann vollständig dieselben verließen, als sie außerhalb einen feuchten Boden oder Wasser fanden, in welchem sie fortleben konnten. Andere Beobachter haben sich überzeugt, daß die Wasserkälber wirklich wie Schlangen an den Rändern der Tümpel auf Heuschrecken und ähnliche Insekten lauern, in deren Leib sie sich einbohren, um eine Zeit lang darin zu verweilen.

Noch auffallender, als die erwähnten Thatsachen, ist diejenige Fortpflanzungsart mancher Eingeweidewürmer, welche man in der neuesten Zeit unter dem Namen der Ammenzeugung oder des Generationswechsels kennen gelernt hat. Wir wollen eine dieser Metamorphosen näher beschreiben, da eine bloße Definition nicht hinreichen würde, den Begriff des Generationswechsels vollständig darzulegen. In den Lungen und Luftröhren vieler Wasservögel finden sich eigenthümliche Schmarotzer, Monostomen genannt, welche lebende Junge zur Welt bringen, die durchaus infusorienartig gestaltet sind und mittelst eines Ueberzuges von Flimmerhaaren im Wasser schwimmen können. Das Merkwürdigste an diesem wimpernden Jungen des Monostomums ist, daß die hinteren zwei Drittel des durchsichtigen, eingeweidelosen Körpers von einem weißlichen, mehr undurchsichtigen Körper erfüllt werden, welcher anfangs wie ein

Darm des Jungen ansieht, da er stets dieselbe Lage hat und immer in derselben Weise in allen Jungen angetroffen wird. Bald aber sieht man, daß dieser weißliche Körper sich bewegt, und daß er in der That ein sackförmiger Wurm mit zwei Saugnäpfen und einem spitzen Hinterende ist, welcher sich träge hin und her bewegt, zusammenzieht, ausdehnt und endlich das Junge, in dem er lag, förmlich sprengt, um frei hervor zu treten. Die flimmernde Hülle bleibt zurück und zersetzt sich bald. Aus dem frei schwimmenden Jungen ist ein träger Wurmsack hervorgegangen, der in seiner Natur freilich schon mehr auf das [illegible] hinweist.

Man besitzt jetzt durch Mehrung der Beobachtungen die Kenntniß einer ganzen Stufenleiter derartiger Wurmschläuche, die sich meistens in Wasserthieren, Schnecken und Muscheln finden. Die Einen sind vollständig organisirt, besitzen ein Kopfende mit Mundöffnung, einen Schlundkopf und einen kurzen Darmkanal; die Anderen, die am entgegengesetzten Pole der Reihe stehen, sind stellenweise angeschwollene, lange, oft seltsam verästelte und durchaus regungslose Hohlfäden. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich eine Menge Zwischenstufen jeglicher Ausbildung: verwaschene Schläuche ohne bestimmte Organe, träge Säcke mit ganz verkümmerten Eingeweiden und von mannichfaltiger Gestalt. Alle diese Wurmsäcke kommen aber darin überein, daß in ihrem Inneren sich freie Knospen bilden, welche bei ihrem ersten Auftreten einem geballten Häufchen körniger Substanz gleichen und die sich nach und nach zu einer besonderen Wurmform ausbilden, welche man Cercarien genannt hat. Es besitzen diese Cercarien zwei Saugnäpfe an der Bauchfläche, mit denen sie sich anheften können, einen Mund, gabelförmigen Darmkanal und gewöhnlich einen langen Schwanz, welcher von dem vorderen Körper deutlich abgesetzt ist. Der Körpertheil ohne den Schwanz gleicht durchaus jenen Plattwürmern, die man unter dem Namen der Doppellöcher oder Distomen kennt und von denen der sogenannte Leberegel der Schafe ein bekanntes Beispiel bietet. Meist besitzen auch die Cercarien eine eigen-

thümliche Mundbewaffnung, einen Stachel oder Hakenkranz, der ihnen zur Einleitung ihres ferneren Lebens wesentliche Dienste leistet. Sobald nämlich die Cercarien ihre vollständige Ausbildung erlangt haben, verlassen sie den Wurmschlauch durch eigene Oeffnungen und gelangen so in die inneren Höhlungen der Schnecken und Muscheln. Der Wurmschlauch, den man auch, um eine allgemeine Bezeichnung für ähnliche Vorgänge zu haben, eine Amme genannt hat, bleibt nach der vollständigen Ausbildung seiner Cercarienbrut als todtes Gebilde zurück. Er war nur ein Mittelglied, bestimmt, durch reichliche Knospung im Inneren die Keime außerordentlich zu vermehren.

Die aus dem Wurmschlauche befreiten Cercarien suchen aus den Höhlen des Schneckenkörpers einen Ausweg ins Freie, den sie meist durch die Oeffnungen der Wasserkanäle finden. Die Zusammenziehungen der Schnecke befördern diesen Ausgang. Deshalb sieht man denn auch oft in der Nähe solcher Schnecken, welche Ammen und Cercarien beherbergen, bei plötzlichem Zusammenziehen und Rückweichen in die Schale eine förmliche Wolke um das Thier entstehen, wie wenn ein gelblicher Dunst, von der Schnecke ausgehend, sich im Wasser verbreitete. Diese Wolke ist nichts Anderes als ein Schwarm von Cercarien, welche durch die plötzliche Zusammenziehung mit der Flüssigkeit, welche die Wasserkanäle erfüllte, ins Wasser gepreßt wurden und nun sich um die Schnecke herum tummeln. Sie schwimmen dabei auf die drolligste Weise, indem sie einerseits den Körper zusammenziehen und ausstrecken, anderseits den Schwanz in Achterfiguren hin und her schleudern, so daß es stets aussieht, als befinde sich eine liegende ∞ hinter dem Thiere. In dieser Weise tummeln sich die Cercarien eine Zeit lang in dem Wasser umher, dann aber heften sie sich an Insekten und andere Wasserthiere an und bohren sich mittelst ihrer am vorderen Ende angebrachten Mundwaffen in das Innere dieser Thiere ein. Bei diesem Einbohren verlieren sie den Schwanz, das Bewegungsorgan, mittelst dessen sie frei in dem Wasser umherschwimmen konnten, und kriechen nun als träge kleine Würmchen, als Doppellöcher, deren Aus-

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] ist, in das Innere der Thiere; [illegible] [illegible] sie sich, umgeben sich mit einer durchsichtigen [illegible], und bleiben in dieser Puppenhülse so lange, bis ein Vogel oder ein anderes geeignetes Thier die Insektenlarve frißt, in welcher sie sich eingenistet haben. Dann schlüpft aus der Puppenhülse, die durch die Verdauung des Fressers frei geworden ist, das Doppelloch aus, welches nun seine geschlechtliche Reife erlangt und eine Menge von Eiern erzeugt, in welchen sich Junge bilden, die den nämlichen Entwickelungskreis von Neuem beginnen, indem sie Ammen und Cercarien erzeugen.

Wir sehen demnach, daß in der Natur zwei Weisen gegeben sind, welche die Fortpflanzung der Eingeweidewürmer sichern: einestheils eine Vermehrung der Eier und Keime, welche an das Unglaubliche gränzt, andererseits die merkwürdigsten Wanderungen und Metamorphosen, durch welche die Erhaltung der Gattung auch unter den sonderbarsten und verwickeltsten Umständen gesichert wird. Wenn auch unsere Untersuchungen über diese Verhältnisse noch ganz im Zustande der Kindheit sich befinden, so können wir doch schon so viel sagen, daß bei den meisten Eingeweidewürmern eine Ueberwanderung durch verschiedene Wohnthiere und ein Stadium freien Lebens Statt finden, welches meist in Gewässern oder wenigstens an feuchten Orten zugebracht wird. Keime, Eier, Larven und Junge sind überall in Gräben und Tümpeln, in Meeren und Wiesen-[illegible], in der Nahrung, welche [illegible] nun aus lebenden Thieren oder aus Pflanzen und im Wasser verbreitet, und überall bieten sich Wege, wodurch wenigstens eines oder das andere Individuum an den Ort seiner Bestimmung gelangt, während Tausende und Millionen seiner Mitbrüder zu Grunde gehen müssen, ohne ihren Wohnsitz erreichen zu können. Oft scheinen diese Wege auf die reinsten Zufälle berechnet, und man sieht auch hier wieder, wie nur in den Verhältnissen im Großen der Entwickelungsgang des Einzelnen gewahrt wird. Für die einzelne Schnecke ist es gewiß ein Zufall, daß sie gefressen wird, während

hundert andere ihr Leben auf andere Weise beschließen, und für den einzelnen Eingeweidewurm ist es wieder ein Zufall, daß er durch einen solchen Vorgang die Möglichkeit der weiteren Ausbildung erhält, die anderen abgeschnitten ist. Für die Fortpflanzung und Erhaltung einer gewissen Wurmgattung aber ist es durchaus nothwendig, daß eine bestimmte Menge von Schnecken von einer gewissen Anzahl von Thieren gefressen werde, und sicher würde man bei statistischer Feststellung der Verhältnisse im Großen eben so gewiß eine bestimmte Proportion und ein regelmäßiges Wiederkehren dieser Zufälle finden, wie z. B. die Zahl der Beinbrüche constant dasselbe Verhältniß Jahr aus Jahr ein der Bevölkerung gegenüber darbietet. Alle diese Erfahrungen und Versuche beweisen auf das Entschiedenste, daß selbst bei denjenigen Vorgängen, bei welchen man eine Urzeugung annehmen könnte, es stets eines zeugenden Organismus bedarf, um ein anderes organisches Wesen hervorzubringen.

Allein auch hier giebt es mancherlei Variationen der Entwickelungsweise, und erst als die höhere Blüthe kann man die Trennung der Geschlechter, die Fortpflanzung, welche aus der Vereinigung zweier Individuen getrennten Geschlechtes hervorgeht, bezeichnen. Bei den niederen Thieren kommen mancherlei Fortpflanzungsweisen vor, deren wir hier in der Kürze erwähnen wollen, und es tritt hier zugleich eine gewisse Abhängigkeit dieser Fortpflanzungsweisen von den äußeren Verhältnissen auf, die bei den höheren Thieren nicht mehr vorkommt. Viele niedere Thiere nämlich können sich in mehrfacher Weise vervielfältigen, und je nach den Verhältnissen oder den Jahreszeiten wird bald die eine, bald die andere Art der Fortpflanzung vorgezogen.

Viele meiner Leser kennen ohne Zweifel die kleinen gallertartigen Thiere, welche man an den Stengeln der Wasserlinsen findet, die mit dem einen Ende ihres Körpers an den zarten Wurzeln festsitzen, während an dem anderen Ende mehrere nach Willkür einziehbare Arme eine Art von Busch um den Mund bilden. Diese Thiere, Armpolypen oder Hydren benannt, haben eine Menge von Verwandten, welche im Meere leben und

[illegible] sich auf mancherlei Körper festsetzen. [illegible] Grundmasse, die [illegible] über die Oberfläche der Körper hin- [illegible] Mutterboden bildet, auf wel- [illegible] Dieser Mutterboden nun [illegible] wuchernd, etwa [illegible] auf welchen sich neue [illegible] sich die Fortpflan- [illegible] Polypenstockes auf die bloße [illegible] Ausläufern.

[illegible] vermehren sich indeß ebenfalls [illegible] Seitlich an ihrem Körper [illegible] länger wird, sich öffnet, und [illegible] darstellt, um dessen ver- [illegible] Der junge Polyp löst sich [illegible] Mutterpolypen ab und setzt [illegible] Leben zu beginnen. [illegible] ist die gewöhnlichere [illegible] Wassers.

[illegible] zeigt sich indessen [illegible] die mit der eben erwähn- [illegible] zusammenfällt. Auch hier [illegible] eine Knospe, die allmählich [illegible] Geschöpfe, das einen runden [illegible] einem gewölbten Schilde [illegible] An dem Rande dieses [illegible] dienende Fäden, und im [illegible] Mund, der in weitere [illegible] Seitröhren führt. Jeder, der [illegible] kennt diese seltsamen Ge- [illegible] mit den zartesten Farben prangend, [illegible] von den Wellen hülflos [illegible] den Badenden oft durch ihre [illegible] Diese Quallen oder Medu- [illegible] Inneren Junge, welche anfangs die

Gestalt von Infusorien besitzen, mittelst eines Wimperüberzuges hres Körpers frei in dem Meere umherschwimmen, bald aber ich ansetzen und zu einem vollständigen Polypen sich ausbilden. Auf diese Weise ist den Polypen die Möglichkeit gegeben, sich n größeren Entfernungen hin fortzupflanzen, da die Qualle frei n dem Meere schwimmt und auch die von ihr erzeugten jungen Polypen im Anfange freie Ortsbewegung besitzen.

So hat demnach der Polyp drei verschiedene Fortpflanzungsweisen, welche nach den äußeren Umständen verwirklicht werden. Theilt man einen Polypen in zwei Theile, sei es nun der Länge oder der Quere nach, so lebt ein jedes dieser Stücke selbstständig fort und bildet sich von Neuem zu einem selbstständigen Polypen heran. Was aber hier nur künstlich bewerkstelligt wird, das ist die gewöhnliche normale Fortpflanzungsweise der meisten Infusionsthierchen und sogar vieler Ringelwürmer, die schon auf einer höheren Stufe der Organisation stehen. Es giebt manche n der See lebende Würmer, bei welchen man drei bis vier Junge an einander hängend fand, welche in der Weise entstanden waren, daß sich eines der Glieder des Mutterthieres zu einem Kopfe ausgebildet hatte, an welchem die übrigen Ringe als Glieder anhingen. Bei den Infusorien kommt meistens nur die Zweitheilung vor; — ein Mutterthier spaltet sich in zwei gleichartige Junge, die nach einiger Zeit sich aufs Neue von einander trennen können.

Alle diese verschiedenen Verhältnisse kann man unter dem Namen der geschlechtslosen Zeugung und Fortpflanzung zusammenfassen. Es existiren hier keine besonderen Zeugungsstoffe, keine speciellen Keime, aus welchen sich das neue Individuum entwickelt. Bei der geschlechtlichen Zeugung hingegen sind besondere Zeugungsstoffe entwickelt, die wir oben als Eier und Samen unterschieden. Hier bedarf es, wie schon oben angeführt wurde, der unmittelbaren Berührung von Ei und Samen, um den Keim, welcher in dem erstern schlummert, zu wecken und die Entwickelung des neuen Individuums anzuregen. Das eigentlich Befruchtende des Samens sind ohne Zweifel die

Samenfäden, und wenn dies schon daraus hervorgeht, daß sie nur zur Zeit der Mannbarkeit sich bilden, so liefert ein direkter Versuch den vollständigsten Beweis. Der Samen des Frosches kann filtrirt werden, ohne daß die Samenfäden mit der Flüssigkeit durch das Filtrum gehen. Mit der filtrirten Flüssigkeit ist die Befruchtung unmöglich, während die auf dem Filter zurückgebliebene Masse, welche die Samenfäden enthält, unverändert ihre Kraft beibehalten hat.

Bei vielen Thieren, besonders aber bei den Mollusken, sind die männlichen und weiblichen Zeugungsorgane in demselben Individuum vereinigt, und meistens sogar in der Art, daß Hode und Eierstock gleichsam wie zwei Handschuhe in einander gesteckt sind. Meistens indeß sind die Ausführungsgänge bei den keimbereitenden Organen so angeordnet, daß die ausgeführten Stoffe auf ihrem Wege einander nicht begegnen können, und daß es einer wechselseitigen Befruchtung bedarf, um die Eier entwickelungsfähig zu machen. Bei unseren gewöhnlichen Gartenschnecken sehen wir deshalb stets eine solche wechselseitige Befruchtung erfolgen.

Bei allen höheren Thieren, den Insekten, Spinnen, Krustenthieren, sowie bei allen Wirbelthieren ohne Ausnahme, sind die Geschlechter auf verschiedene Individuen vertheilt und eine Vereinigung dieser Individuen nöthig, um die Befruchtung zu erzielen. Zugleich ist eine bestimmte Periode anberaumt, in welcher das Begattungsgeschäft vorgenommen wird. Die Eier bedürfen einer gewissen Zeit zu ihrer Entwickelung innerhalb der Eierstöcke, sie vergrößern sich allmählich und werden, wenn sie reif sind, ausgetrieben und durch den Eileiter nach außen geleitet, um mit dem männlichen Zeugungsstoffe in Berührung zu kommen. Dieser hat sich indessen correspondirend innerhalb der männlichen Geschlechtswerkzeuge entwickelt und ist zur Zeit der Reife der Eier vollständig ausgebildet. Die Geschlechtsreife ist zugleich die Periode der höchsten Blüthe des individuellen Lebens, und viele Thiere existiren während ihrer letzten kurzen Lebenszeit einzig

ar zu diesem Zwecke der Fortpflanzung, und sterben fast un=
ittelbar, nachdem sie demselben genügt haben.

Ueber die Einwirkung des Samens auf das Ei war man
üher noch immer im Unklaren, und auch jetzt noch sind bei
weitem noch nicht alle Fragen in dieser Hinsicht gelöst. Trotz=
em, daß bei der größeren Mehrzahl der Thiere das Ei sich erst
ußerhalb des mütterlichen Organismus entwickelt und auch erst
ußerhalb desselben befruchtet wird, trotzdem, daß man bei den
eisten Eiern in den äußeren Schalengebilden Wege fand,
urch welche Flüssigkeiten und auch wohl so feine Elementarkörper,
ie die Samenfäden, bis zu der Dotterkugel gelangen konnten;
otz aller dieser Kenntnisse war man noch nicht dazu gekommen,
n bestimmtes materielles Verhältniß der Samenfäden zu dem
h entwickelnden Embryo zu konstatiren. Man mußte noth=
endig die älteren Ansichten, wonach der Samenfaden in die
otterkugel hineinschlüpfen und die erste Embryonalanlage bilden
llte, um so entschiedener verwerfen, als man die Bildung dieser
mbryonalanlage aus besonderen Gewebetheilen, aus Zellen, ge=
uer kennen gelernt hatte.

Man kam endlich dazu, die Einwirkung des Samens auf
is Ei ähnlich derjenigen einer Hefe auf einen Gährstoff anzu=
hmen. Die Einwirkung sollte in einer Molekularbewegung
genthümlicher Art bestehen, die von dem in innerer Bewe=
ung begriffenen Körper, dem Samen, auf das ruhende Ei über=
agen würde und in diesem eine bestimmte Lagerungsweise der
Moleküle hervorriefe. Diese Erklärung des Befruchtungsvor=
nges war eben eine Erklärung, die nichts erklärt, und die man
den Naturwissenschaften gewissermaßen als Glaubensartikel
nzustellen gewohnt ist, wenn man am Ende der sinnlichen
Wahrnehmung angekommen. Neuere Untersuchungen haben
ch in der That das Feld dieser Wahrnehmungen bedeutend er=
eitert und damit die ganze Erklärung in das Reich der Hirn=
spinnste zurückgewiesen. Diese Untersuchungen, die jetzt nicht
ehr der Bestätigung, sondern nur der Erweiterung über an=
re Thierklassen bedürfen, weisen mit Bestimmtheit darauf hin,

daß bei der Befruchtung die Samenthierchen bis zur Dotterhaut gelangen, sich in dieselbe einbohren, in dem Ei selbst zerfallen und so den Anstoß zu der Bildung des neuen Individuums geben. Zwei verschiedene Beobachter sind an verschiedenen Orten und bei Untersuchung verschiedener Thiere zu gleichen Ergebnissen gelangt, der Eine bei Fröschen, der Andere bei Würmern und Säugethieren. [illegible]reicher Widerspruch in Deutschland, der einige Gewißheit blicken ließ, hat sich endlich bei genauerer Untersuchung in Zustimmung aufgelöst. Der Widersprechende hat nicht die Samenthierchen sich in das Eiweiß des Froscheies einbohren gesehen, hat Samenthierchen innerhalb der Dotterhaut des Frosch- und Kaninchen-Eies gesehen. Wie sie in diese Dotterhaut hineingekommen, ist ihm noch ein Räthsel. Bei den Würmern zeigt das Ei in seiner äußeren Eiweißschale eine mikroskopische Oeffnung, durch welche der Samenfaden eingedrungen ist. Dagegen noch immer Widerspruch. Aber ähnliche Einrichtungen, die gewiß denselben Zweck haben, sind auch später bei anderen Thieren mehrfach beobachtet worden, und so wird auch hier vielleicht der Widerspruch später in Wohlgefallen sich auflösen.

Jedenfalls sind diese Beobachtungen von äußerstem Werthe für die ganze Lehre von der Entstehung des neuen Wesens. Die Stofftheorie geht dabei freilich zu Grunde und an die Stelle einer Unbegreiflichkeit wird eine handgreifliche materielle Thatsache gesetzt. Jedes der Eltern giebt bei dem Zeugungsacte einen bestimmten Antheil von Stoff zu dem neuen Wesen: der mütterliche Organismus das Ei, der väterliche den befruchtenden Samenfaden. Es kann deshalb auch nicht auffallen, daß aus der Mischung dieser verschiedenartigen Stoffes ein Mittelproduct ist, und daß die Kinder von den Eigenthümlichkeiten der beiden Erzeuger eine gewisse Summe vereinigt an sich tragen.

Zwanzigster Brief.

Die Zeugung des Menschen.

Die Geschlechtsreife kündigt sich namentlich bei den weiblichen Säugethieren durch die periodische Wiederkehr gewisser Erscheinungen an, welche wir unter dem Namen der Brunst kennen. Die Thiere werden traurig, in ihrem Benehmen zeigt sich eine eigenthümliche Unruhe, und meistens findet man bei der Untersuchung die äußeren Geschlechtstheile stärker geröthet, angeschwollen uud in einer Art entzündlicher Aufregung. Diese Erscheinungen beginnen allmählich und steigern sich bis zu einem gewissen Höhepunkte, von welchem aus sie wieder zurücktreten. Während dieser Höhezeit der Brunst wehrt das weibliche Thier das Männchen ab, welches ihm eifrig nachstrebt, und erst nach Abnahme der entzündlichen Erscheinungen, bei welcher sich oft sogar Abgang blutigen Schleimes gewahren läßt, wird das Männchen angenommen. Die eben erwähnten Aeußerungen der Geschlechtslust bei den Thieren, welche periodisch wiederkehren, beruhen offenbar auf einem tieferen Grunde, und zwar ausschließlich auf der gesundheitsgemäßen Funktion der Eierstöcke. Weibliche Thiere, welchen man diese Organe ausgerottet hat (wie dies namentlich sehr häufig bei Schweinen, welche zur Mästung bestimmt sind, geschieht), werden nicht wieder brünstig, während die Ausschneidung der Eileiter oder der Gebärmutter, wenn sie auch die Zeugungsfähigkeit absolut aufhebt, dennoch der regelmäßigen Wiederkehr der Brunst keinen Eintrag thut. Diese ist demnach ohne Zweifel durch das Leben der Eierstöcke, durch

die Entwickelung der in ihnen gebildeten Eier bedingt. Allein die Erscheinungen, welche hervorgerufen werden, erstrecken sich über die gesammte Sphäre der Geschlechtsorgane. In der That findet man bei brünstigen Thieren die ganze Ausdehnung der inneren Schleimhäute, welche von der Gebärmutter aus in die Eileiter übergehen und diese auskleiden, lebhaft geröthet, die Blutgefäße dieser Organe, so wie diejenigen des Eierstockes strotzend erfüllt, und an dem Eierstocke selbst höchst merkwürdige Veränderungen in dem Verhalten der Follikel und der Eichen.

Man nahm früher ziemlich allgemein an, daß die Brunst der Säugethiere gleichsam das Zeichen sei, wodurch sich die Reife einiger im Eierstocke enthaltenen Eier kund gebe. Die Begattung, glaubte man, bilde das erregende Moment, wodurch die Loslösung der Eier vom Eierstocke bedingt werde, so daß dann die Zeugungsstoffe einander im Inneren der weiblichen Organe begegneten. Man glaubte also, einen Unterschied annehmen zu dürfen zwischen den Säugethieren und den übrigen Thieren, bei welchen die Eier durchaus unabhängig von der Begattung sich von dem Eierstocke loslösen und ausgestoßen werden. Neuere Untersuchungen, welche einer der ausgezeichnetsten Beobachter unserer Zeit mit jener Gründlichkeit vornahm, die ihn auszeichnet, haben indessen gelehrt, daß diese Ansicht falsch sei, und daß bei den Säugethieren eben so gut, wie bei allen anderen Thieren, die Eier sich periodisch, auch ohne Einfluß der Begattung, vom Eierstocke loslösen und zur Zeit der Brunst nach außen geführt werden. Die Resultate der oben erwähnten Versuche sind in ihren Folgerungen für die menschliche Zeugung zu wichtig, als daß wir hier nicht näher darauf eingehen sollten. Bevor wir dies indeß thun, müssen wir den Mechanismus der Ablösung der Eier von dem Eierstocke einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Meine Leser erinnern sich, daß das Ei der Säugethiere und des Menschen, welches kaum $1/_{10}$ Linie im Durchmesser hat, hart an der Oberfläche des Follikels gelagert ist, und daß der Follikel selbst um so mehr nach außen drängt, je entwickelter er ist. Die Oberfläche des Eierstockes ist von einer dünnen

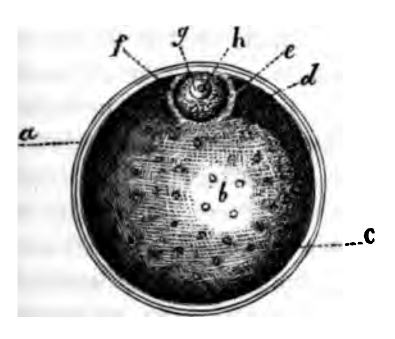


Fig. 28. Idealer Durchschnitt eines Graaf'schen Follikels bei starker Vergrößerung. a. Die äußere Faserhaut des Balges. b. Der mit gallertartiger Flüssigkeit angefüllte Hohlraum des Balges. c. Innere Zellenlage des Follikels, die sich in der Umgebung des Ei's zur Keimscheibe d. (Discus proligerus) verdickt. e. Die Zona oder Dotterhaut, in Form eines hellen Ringes sich darstellend. f. Der Dotter. g. Das Keimbläschen. h. Der Keimfleck.

zarten Haut, einer Duplikatur des Bauchfelles, überzogen, und diese Haut wird von den entwickelten Follikeln halbkugelförmig in die Höhe gehoben. Vermöge seiner Lagerung innerhalb des Follikels befindet sich das Eichen auf dem höchsten Punkte dieser Erhöhung, hart an der Innenwand des Bauchfellüberzuges. Mit dem Beginne der Brunst zeigt sich erhöhter Blutandrang nach dem Eierstock und eine lebhaftere Ausschwitzung der Flüssigkeit, welche den Follikel erfüllt. Die Wandungen des Follikels selbst erscheinen geröthet, entzündet, und sehr oft sieht man auf seiner Oberfläche zierliche Geflechte von überfüllten Blutgefäßen. Der Bauchfellüberzug des Follikels erweicht sich allmählich unter dem Einflusse dieser entzündlichen Thätigkeit mehr und mehr an der dem Eichen gegenüberliegenden Stelle. Der Follikel füllt sich zugleich prall mit weißlicher, eiweißartiger Flüssigkeit an, öffnet sich am Ende an seiner höchsten Stelle, da wo die umhüllenden Häute am dünnsten sind, und läßt das Eichen austreten, welches dann in den geöffneten Trichter des Eileiters fällt nnd von diesem weiter geleitet wird. Man hat diesen Vorgang öfters so dargestellt, als berste der Follikel förmlich durch die übermäßige Anfüllung mit ausgeschwitzter Flüssigkeit, und lasse beim Zerplatzen das Eichen austreten. Man hätte sich schon durch Beobachtung an eierlegenden Thieren überzeugen können, daß diese Auffassung des Herganges eine falsche sei. Bei

diesen Thieren nämlich ist fast gar keine Flüssigkeit zwischen dem Ei und dem Eisacke ergossen. Der Eisack, der dem Ei überall fest anliegt, ist nur von einer dünnen Membran gebildet, welche in wirkliche entzündliche Erweichung übergeht, und unmittelbar nach dem Austritte des Eies nicht mehr Consistenz darbietet, als eine dicklichte Gallerte, welcher die Blutgefäße einigen Halt verleihen. Die Austrittsstelle des Eichens aus dem Follikel bei dem Säugethiere und dem Menschen zeigt sich unmittelbar nach diesem Austritte niemals wie ein durch Platzen entstandener Riß, sondern als ein kleines, mit freiem Auge kaum wahrnehmbares Löchlein, welches meist von einem deutlichen Gefäßkranze umgeben ist. Offenbar wirkt demnach das Eichen auf die Wand des entzündeten Follikels gleichsam wie ein fremder Körper, der einen bestimmten Druck erzeugt, und dadurch die Aufsaugung an dem Orte dieses Druckes begünstigt. Der Follikel berstet demnach nicht durch die gewaltsame Anhäufung der in ihm befindlichen Flüssigkeit, sondern öffnet sich durch Aufsaugung an der Stelle, wo das Eichen einen bestimmten fortwährenden und genau umkränzten Druck ausübt.

Nach der Austreibung des Eichens steigert sich meist die Entzündung in dem Follikel so sehr, daß wirkliche Blutergießung in demselben Statt findet und zugleich plastische Masse ausgeschwitzt wird, welche häufig schwammartig aus der Oeffnung hervorwuchert. Durch eine Reihe allmählicher Metamorphosen bildet sich dann diese wuchernde Masse nach und nach wieder zurück und läßt sich nach langer Zeit als ein rundlicher Körper erkennen, welcher meistens eine gelbliche Farbe besitzt und deshalb von den Anatomen auch als gelber Körper bezeichnet wurde. An der Spitze dieses gelben Körpers, an der Austrittsstelle des Eichens, zeigt sich dann eine, meist strahlige Narbe, im Inneren ein Blutpfropf, der von einer mannichfach gefalteten, dicken Haut eingeschlossen ist, welche aus der allmählichen Umbildung der inneren Zellenlage des Follikels hervorging. Der Blutpfropf nimmt allmählich ab, die gefaltete Haut wuchert fort, verdickt sich, wird fester, zieht sich zusammen, schwindet mehr und mehr, und

endlich bleibt nur eine Narbe, an deren innere Seite eine kleine, zackig verdichtete Stelle gränzt. Die Bildung eines gelben Körpers ist demnach die unvermeidliche Folge des Austrittes eines Eichens aus dem Follikel. Wir werden indeß später sehen, daß der Umfang eines solchen gelben Körpers bedeutend größer ist, wenn wirkliche Befruchtung erfolgte; ein Umstand, der sich leicht durch den erhöhten Erregungszustand der inneren Geschlechtstheile während der Schwangerschaft erklären läßt, und daß diejenigen gelben Körper, welche durch den Austritt eines Eies ohne nachfolgende Befruchtung und Schwangerschaft entstanden sind, sehr bald gänzlich verschwinden und keine bleibende Narbe zurücklassen.

Um die frühere Ansicht, daß die Loslösung der Eier bei den Säugethieren eine Folge der Anregung sei, welche durch den in die inneren Geschlechtstheile gelangten Samen bewirkt werde, zu widerlegen, bedurfte es des Beweises, daß die Eier auch bei geschlossenen Leitungsorganen, wo der Samen nicht bis zum Eierstocke vordringen kann, sich loslösen, und daß sie auch bei denjenigen Thieren in den Eileiter gerathen, bei welchen gar keine Annäherung des Männchens erfolgt ist. Die angestellten Versuche beweisen nun auf das Entscheidendste, daß bei weiblichen Hunden und Kaninchen, denen man Stücke des Uterus ausgeschnitten hatte, nach Verheilung der Wunde dennoch die Brunst wiederum eintrat, wie wenn nichts vorgefallen wäre. Untersuchte man nun nach stattgehabter Begattung die inneren Geschlechtstheile, so fand man, daß der Samen und die lebhaft sich bewegenden Samenfäden einerseits bis zu der Stelle vorgedrungen waren, wo die Höhle des Uterus durch eine Narbe verschlossen war, und daß anderseits das Eichen den Eierstock verlassen und die Wanderung innerhalb des Eileiters begonnen hatte. Die Untersuchung solcher Thiere, welche brünstig waren, die man aber während der ganzen Zeit der Brunst von dem Männchen entfernt gehalten hatte, wies nach, daß auch hier die Eier ausgetreten und im Eileiter befindlich waren; — ja selbst bei solchen Weibchen, die noch nie geboren hatten und zum

[illegible] waren, wogegen sich ausgebrütete Eier im Ei-[illegible] Bildung gelber Körper in den Follikeln. Es ist [illegible] bewiesen, daß die Eier der [illegible] nachdem sie zur vollständigen Reife [illegible] Brunsterscheinungen von dem [illegible] ihren Weg durch die Eileiter nach der [illegible]. Demgemäß wird diese Reife der Eier [illegible] Beginn [illegible] durch die Brunst angedeutet. [illegible] Geschlechtstrieb seine Befriedigung [illegible] werden die Eier [illegible] des Eileiters von dem Samen [illegible] entwickeln sich weiter. Ist [illegible] werden wahr-[illegible] Geschlechtstheile selbst aufgelöst und [illegible].

Bei dem menschlichen Weibe zeigen sich eigenthümliche Verhältnisse, welche die Anwendung des oben erwähnten Gesetzes [illegible]. Die Geschlechtsreife desselben kündigt sich durch einen [illegible] periodisch wiederkehrenden Blutfluß an, den man mit dem Namen der **Menstruation** oder der **monatlichen Reinigung** bezeichnet. Im normalen Zustande kehrt diese Ausscheidung je nach dem Verlaufe eines Mondmonats oder nach 28 Tagen wieder; ihren Eintritt begleiten meist [illegible] Unwohlsein, Abgeschlagenheit, während nach ihrem Verschwinden erhöhtes Wohlbefinden und zugleich lebhaftere Geschlechtslust eintritt. Die Menstruation hängt eben so, wie die Brunst bei den Thieren, von dem normalen Befinden der Eierstöcke ab. Bei Geschlechtskrankheiten, welche beide Organe befallen, bei verkümmertem Zustande und unvollständiger Ausbildung der Eierstöcke fehlt auch die Menstruation, und ebenso verschwindet sie alsbald mit dem Aufhören der Geschlechtsthätigkeit. Es zeigt sich also eine große Analogie zwischen der Menstruation einerseits und der Brunst der Säugethiere anderseits, eine Analogie, die nur dadurch einigermaßen gestört wird, daß die Menstruation sehr häufig wiederkehrt und keine so absolute

Gränze in der Ausübung der geschlechtlichen Funktion zieht, als dies bei der Brunst der Fall ist. In der That übt das weibliche Säugethier nur unmittelbar nach dem Ablaufe des Höhepunktes der Brunst, nicht aber in der Zwischenzeit, die Begattung aus, während bei dem Weibe die Befriedigung der Geschlechtslust an keine Zeit gebunden ist. Indeß ist dieser Unterschied wohl in der ursprünglich freieren Natur des Menschen begründet, der in allen Verhältnissen weit weniger an Zeit und Ort gebunden erscheint, als dies bei dem Thiere der Fall ist.

Man glaubte früher, daß die Existenz eines gelben Körpers an dem Eierstocke stets ein untrügliches Zeichen stattgehabter Empfängniß sei. Die neuen Untersuchungen haben indeß gelehrt, daß jedesmal bei der Menstruation ein Follikel sich öffne, mit ihm ein Ei austrete, und ein gelber Körper als Zeugniß dieses Austrittes zurückbleibe. Indessen erscheint dieser gelbe Körper, welcher sich nach der Menstruation entwickelt, kleiner und unvollständiger ausgebildet, und die Narbe, die er verursacht, verschwindet weit früher, als diejenige, welche in Folge stattgehabter Empfängniß an dem Eierstocke sich findet. Bedenkt man aber, daß die Empfängniß und die Entwickelung des Fötus einen fortdauernden Reizzustand in den inneren Geschlechtsorganen erhält, daß der Blutandrang Monate lang in bedeutendem Maße fortfährt, so wird man begreiflich finden, daß auch die Ausschwitzung von Narbenmasse in dem entzündeten Follikel bedeutend größer ist während des Monate lang andauernden Reizzustandes der inneren Geschechtsorgane, welchen die Schwangerschaft unterhält, und daß deshalb ein weit ansehnlicherer gelber Körper zurückbleiben muß, als nach der Menstruation, wo die Aufregung der Organe nicht ferner fortdauert und bald Alles in den normalen Zustand zurückkehrt.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, daß regelmäßig bei dem Eintritte der Menstruation die Eichen sich loslösen und ihre Wanderungen beginnen. Der erhöhte Congestionszustand, in welchem sich die inneren Geschlechtsorgane während der Periode der Ausstoßung befinden, äußert sich auch namentlich in dem

[illegible] und in den Franzen des Trichters, der die innere Mündung des Eileiters bildet. Diese Franzen richten sich auf und umfassen den Eierstock so von allen Seiten, daß das Eichen in die innere Höhle fallen muß. In den Röhren des Eileiters selbst angelangt, wird es von den wurmförmigen Zusammenziehungen getrieben, sowie von der Flimmerbewegung weiter nach innen befördert, und trifft, im Falle Begattung erfolgt, innerhalb des Eileiters mit dem Samen zusammen. Dieser letztere kommt dem Eichen auf halbem Wege entgegen, und es fragt sich, durch welches Mittel diese Fortbewegung des Samens bewerkstelligt werde.

Untersucht man die inneren Geschlechtsorgane von Thieren, welche unmittelbar nach der Begattung getödtet wurden, so zeigt sich die ganze Gebärmutter bis in ihre hinteren Enden mit Samenfäden erfüllt, welche sich auf das Lebhafteste bewegen. Nach und nach dringen auch die Samenfäden in den Eileiter ein und man kann sie in demselben um so weiter vorgerückt finden, je längere Zeit nach der Begattung verflossen ist. Oftmals begegnet es sogar, daß die Begattung schon ziemlich lange vor dem Austreten der Eier Statt findet, und daß deshalb die Samenfäden bis zu dem Eierstocke selbst vordringen können. Es sind mehrfache unverwerfliche Beobachtungen vorhanden, in welchen man Samenfäden auf dem Eierstocke selbst fand; — in den meisten Fällen aber muß angenommen werden, daß sie nicht bis dahin gelangen, sondern unterwegs die Eier antreffen. Meistens findet man die Eier, welche in dem mittleren oder unteren Drittheil des Eileiters sich befinden, rundum mit Samenfäden bedeckt, und oft liegen sogar diese letzteren inmitten der Eiweißschichten, welche sich im Eileiter bilden, eingelagert.

Bei dem menschlichen Weibe scheinen ganz vollkommen gleiche Verhältnisse obzuwalten. Auch hier ist es wahrscheinlich, daß in der Regel eine fruchtbare Begattung nur dann Statt findet, wenn der Same bei der Begattung selbst bis in die Höhle der Gebärmutter eingeführt wird. Aus diesem Grunde schon ist die häufigere Befruchtung unmittelbar nach der Menstruation wahr-

scheinlich, weil während des Blutflusses der Muttermund erweicht und geöffnet ist. Indessen beweisen auch viele, unzweifelhaft wahre Thatsachen, daß manchmal Empfängniß erfolgte, wenn auch der Same nur an die äußeren Geschlechtstheile gebracht wurde. Ein alter Berliner Arzt, dessen liebenswürdige Persönlichkeit das unbedingte Vertrauen seiner Clienten sich erwarb, hat aus seiner reichen Erfahrung mehrere schlagende Fälle dieser Art mitgetheilt, welche beweisen, daß in seltenen Fällen auch nur von den äußeren Geschlechtstheilen aus die befruchtende Flüssigkeit bis in das Innere vordringen kann. Indeß, wie gesagt, dies sind nur seltene Ausnahmen von der Regel.

Wenn somit die Fortwanderung der Samenfäden innerhalb der weiblichen Geschlechtstheile unbezweifelt ist, so kann auf der anderen Seite nicht in Abrede gestellt werden, daß kein besonderer Bewegungsapparat für den Samen innerhalb der Geschlechtstheile existire, sondern daß die Samenfäden selbst durch ihre kriechenden und schlängelnden Bewegungen sich allmählich weiter schieben. Von den Hunderttausenden, welche in das Innere der Gebärmutter gelangen, finden vielleicht nur wenige ihren Weg in den Eileiter, allein auch diese wenigen genügen zu der Erreichung des vorgesteckten Zweckes. Bei vielen Thieren finden sich freilich weit complicirtere Anstalten, um den Samen an den Ort seiner Wirksamkeit zu bringen, und bei manchen Mollusken namentlich zeigen sich wahrhafte Samenmaschinen, in deren schlauchartigen Behältern gelatinöse Substanzen angehäuft sind, welche bei der Berührung mit Wasser anschwellen und zuletzt den Samenschlauch so ausdehnen, daß er berstet und den Samen ausschleudert.

Es steht im Allgemeinen fest, daß die Frauen unmittelbar nach der Beendigung der Menstruation am Leichtesten empfangen, weshalb man denn auch den Termin der Schwangerschaft auf die Art am Sichersten berechnet, daß man die Epoche der Empfängniß acht Tage nach der letzten Menstruation annimmt; Erfahrung und Theorie weisen aber gleichmäßig darauf hin, daß in dem Zeitraume zwischen je zwei Menstruationen eine

stimmte Strecke von mehreren Tagen liegen müsse, innerhalb welcher durchaus keine Empfängniß statthaben kann. Ueber die Länge dieses Zeitraums, sowie über seine Stellung innerhalb der angegebenen Zeit, können freilich die verschiedensten Meinungen noch geltend gemacht werden, da das Endresultat, die Empfängniß, von mehreren Faktoren abhängt.

Das erste Verhältniß, welches hier in Rechnung gezogen werden muß, liegt in der zeitlichen Beziehung der Loslösung des Eichens zu dem Eintritte der Menstrualblutung. Die Erfahrungen, welche man durch Zergliederung von Mädchen und Frauen gesammelt hat, die innerhalb der Menstruationsperiode starben, liefern hier eben so wenig einen genauen zeitlichen Anhaltspunkt, als die Zergliederung brünstiger Thiere. Man ersieht daraus nur so viel, daß Menstrualfluß, Brunst, Platzen der Follikel und Wanderung der Eichen in dem Eileiter mit einander in engster Verknüpfung stehen; daß aber Menstrualfluß und Brunst oft schon vorübergegangen oder ihrem Ende nahe sind, während der Follikel zwar zum Bersten reif, aber noch nicht geplatzt ist, während in anderen Fällen die Eichen schon bei dem Beginne des Flusses oder der Brunst in den Eileiter eingedrungen waren. Begreiflicher Weise können die wechselnden Verhältnisse auch eine Schwankung von mehreren Tagen in der Berechnung herbeiführen.

Ein zweites Moment steht mit der Wanderung der Eier in dem Eileiter und den dortigen Entwickelungsvorgängen in Beziehung. Wir werden in der Folge dieser Untersuchungen sehen, daß der Samen und das Ei nothwendig einander innerhalb der Eileiter begegnen müssen, und daß eine Befruchtung nicht mehr möglich ist, sobald das Ei einmal den Eileiter durchwandert und innerhalb der Gebärmutter angelangt ist. Bis jetzt ist es nur zwei Beobachtern geglückt, menschliche Eichen in dem Eileiter aufzufinden, und diese Beobachtungen, so schätzbar sie auch sonst sein mögen, liefern durchaus kein Material zu der Entscheidung der Frage, wie lange Zeit das Eichen brauche, um bei dem Menschen den Eileiter zu durchwandern. Bei den Thieren er-

geben sich abweichende Verhältnisse. Das Ei des Kaninchens braucht durchschnittlich 3 Tage, das der Schafe und Kühe 4—5, das des Hundes 8—12 Tage, um die Länge des Eileiters zu durchwandern, und wahrscheinlich schließt sich das menschliche in dieser Beziehung zunächst demjenigen des Hundes an. Man sieht, daß hier ein weiter Spielraum schon für die Befruchtung des Eichens gegeben ist, indem in denjenigen Fällen, wo das Eichen erst nach dem Aufhören der Menstruation seine Wanderung beginnt, die Befruchtung 12—14 Tage nach dem Aufhören derselben möglich wäre, während in den entgegengesetzten Fällen, wo das Eichen seine Wanderung schon vor dem Eintritte der Menstruation beginnt, die Befruchtung selbst nur innerhalb der Menstruationszeit Statt finden könnte.

Noch eines dritten Faktors müssen wir bei diesen Berechnungen erwähnen. Es betrifft die Lebensdauer der Samenthierchen innerhalb der weiblichen Geschlechtstheile, innerhalb der Gebärmutter und der Eileiter. Bei vielen Insekten ist diese Lebensdauer fast unbeschränkt; bei allen denjenigen Arten, bei denen die Weibchen überwintern, werden diese im Herbste befruchtet und der Samen in einer eigenen Nebentasche aufbewahrt, in welcher er sich bis zum nächsten Sommer, wo das Eierlegen Statt findet, vollkommen lebensfähig erhält. Es bedarf stets einer gewissen Zeit, bis der Same durch die weiblichen Geschlechtstheile hindurch gewandert ist, und es unterliegt keinem Zweifel, daß man 5—8 Tage nach geschehener Begattung im Inneren der Geschlechtstheile weiblicher Säugethiere noch lebende Samenfäden antrifft, wenn auch ihre Anzahl in den letzten Tagen sich bedeutend verringert hat. Vielleicht dauert diese Periode der Erhaltung in den Geschlechtstheilen des Weibes noch länger, so daß selbst eine Menstruationsperiode dadurch überbrückt werden könnte. Es läßt sich der Fall denken, daß der Samen, der durch eine Begattung eine geringe Zeit vor dem Eintritte der Menstruationsperiode eingeführt wurde, schon bis in die Eileiter vorgedrungen war, ehe der Blutfluß begann, der ihn aus der Gebärmutter weggespült haben würde, so daß das

vorhergegangene Coitus dennoch befruchtet werden konnte. Nimmt man alle diese Punkte zusammen, so würde die Befruchtung einige Tage vor und etwa 12—14 Tage nach Eintritt der Menstruation Statt finden können, in der Zwischenzeit aber nicht.

Man hat auch durch statistische Untersuchungen die Frage in der Weise zu lösen gesucht, daß man aus den Civilregistern die Daten der Hochzeitstermine mit den dazu gehörenden Erstgeburten verglich, und daraus einen Schluß zu ziehen suchte, indem man sich dabei auf die Thatsache verließ, daß die meisten Ehen zwischen je zwei Menstruationsperioden, etwa 2—18 Tage nach dem Aufhören des Menstrualflusses, geschlossen wurden. Wie begreiflich haben diese Untersuchungen, die zudem nur über eine geringe Anzahl von Fällen ausgedehnt wurden, und bei denen der Verfasser leicht begreiflicher Weise auch noch eine Auswahl der Fälle traf, und nur aus mittleren und höheren Classen wählte, nur höchst schwankende Resultate gegeben. Die meisten Erstgeburten fallen freilich in zwei Perioden, die eine 270—280 Tage, die andere [illegible]—294 Tage nach dem Schlusse der Ehe. Der Zwischenraum zwischen beiden Perioden ist aber ebenfalls, wenn auch nur von einer geringeren Zahl von Fällen, ausgefüllt. Freilich muß man bei Berechnungen dieser Art auch in Betracht ziehen, daß die Schwangerschaftsperiode nicht überall genau dieselbe ist, und auch hierdurch ein Schwanken in das Resultat eingeführt werden muß, das bei Betrachtung einer großen Anzahl von Fällen auf ein Minimum reducirt wird.

Einundzwanzigster Brief.

Das Ei im Eileiter. - Die Zellenbildung.

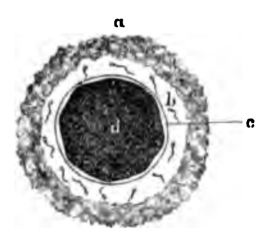
In dem oberen Dritttheile des Eileiters zeigt sich das Ei bei den Säugethieren ganz in derselben Gestalt, wie wir es in dem Eierstocke kennen lernten. Es hat noch immer einen kugeligen homogenen Dotter, an dessen einer Stelle man zuweilen noch das Keimbläschen unterscheidet, obgleich in den meisten Fällen dasselbe verschwunden ist und dann der Dotter als durchaus gleichförmige Kugel erscheint. Es hat ferner seine Zona als äußere Hülle. Anfangs sitzen auf dieser noch ringsum, einem Strahlenkranze gleich, die aus dem Graaf'schen Follikel mitgebrachten Zellen der Keimscheibe. Diese letzteren streifen sich indessen sehr bald ab, so daß die Zona vollkommen nackt und bloß erscheint.

Bei dem Kaninchen und, wie es scheint, bei den meisten niederen Säugethieren, sondert der Eileiter eine helle, durchsichtige, halbfeste Masse ab, die sich schichtenweise um das Ei herumlegt und in ihrem äußeren Verhalten vollkommen dem Eiweiße der Vogeleier gleicht. Zwischen den Schichten dieser Masse sieht man sehr häufig Samenthierchen in Menge eingeschlossen, die vielleicht auf dem Wege nach dem Inneren des Eies zwischen dem sich absondernden Eiweiße eingeklebt wurden. Bei den höheren Säugethieren, dem Hunde z. B., fehlt diese Eiweißbildung durchaus, und es steht demnach zu erwarten, daß auch

bei dem höchsten Säugethiere, dem Menschen, bei welchem man bis jetzt noch kein Ei im Eileiter gesehen hat, keine solche Eiweißbildung angetroffen werden dürfte.

In der unteren Hälfte des Eileiters, in welcher das Ei anlangt, umgeben von seiner Eiweißschicht, befreit von den Zellen der Keimscheibe, und wo das Keimbläschen schon untergegangen ist, treten die merkwürdigen Veränderungen des Dotters ein, die man unter dem Namen der Furchung oder des Theilungsprozesses bezeichnet hat. Es beginnt dieser Theilungsprozeß, aus welchem allmählich die bildenden Elemente des Embryos hervorgehen, auch in Eiern, welche nicht befruchtet wurden; er schreitet aber nicht vorwärts in der normalen Weise, die wir bald beschreiben werden, sondern wird unregelmäßig, wenn die Befruchtung nicht baldigst erfolgt. Deshalb führten wir auch oben als nothwendige Bedingung der Befruchtung an, daß die Begegnung des Samens und des Eies noch innerhalb des Eileiters Statt finden müsse. Da die Furchung stets im unteren, oft aber auch schon im mittleren Theile des Eileiters beginnt und die Befruchtung ihre Regelmäßigkeit nicht wieder herstellen kann, sobald diese einmal gestört ist, so erscheint unsere Behauptung vollkommen gerechtfertigt.

Fig. 29.



Ein Hundeei aus dem untersten Theile des Eileiters, unmittelbar vor dem Beginne der Furchung. Die mit diesem Vorgange verbundene Contraction hat dem Dotter eine polyedrische Form gegeben. Die Zellen der sogenannten Keimscheibe, welche bei dem Hunde während der ganzen Wanderung durch den Eileiter an dem Eie hängen bleiben, sind schon sehr unscheinbar geworden. Auf dem hellen Kreise der Zona sieht man zahlreiche Samenthierchen.

a. Zellen der Keimscheibe. b. Zona mit Samenthierchen. c. Innerer Eiraum. d. Dotter.

Die Furchung selbst wird durch eine Contraction der ganzen Dottermasse eingeleitet, die sich in den Eiern mit fester Dotter-

haut dadurch zu erkennen giebt, daß die Dottermasse von der Innenfläche der Dotterhaut etwas zurückweicht. Dann spaltet sich der Dotter, indem ein größter Kreis in Gestalt einer Furche sich über den Dotter herüber legt. Die Furche gräbt sich stets tiefer und tiefer ein. Betrachtet man nun ein Säugethierei,

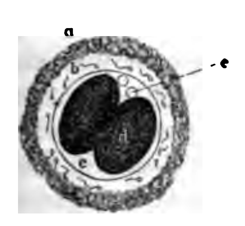


Fig. 30.

Ein Ei einige Stunden später. Die Zellen in der Umgebung sind noch mehr geschwunden, der Dotter in zwei Hälften, Furchungskugeln, zerlegt. Zwischen diesen sieht man die ausgetretenen hellen Bläschen.

a. Zellen der Keimscheibe. b. Zona. c. Eiraum. d. Furchungskugeln. e. Helle Bläschen (Richtungsbläschen).

welches in das erste Stadium der Theilung eingetreten ist, unter dem Mikroskope, so erscheint der Dotter aus zwei vollkommen isolirten, von einander getrennten Hälften zusammengesetzt, welche eine eiförmige Gestalt haben und nur durch den Einschluß in der Zona zusammengehalten werden, da sie bei dem Oeffnen des Eies mittelst einer scharfen Nadel auseinander fallen und sich leicht isolirt untersuchen lassen. Der Dotter hat sich demnach in zwei Hälften getheilt, deren jede wieder in gewisser Beziehung der ursprünglichen Dotterkugel ähnlich ist. Denn eine jede dieser beiden Furchungskugeln enthält wieder in ihrem Inneren ein helles Bläschen, von einer feinen Haut gebildet und mit wasserklarer Flüssigkeit gefüllt, welches einigermaßen dem Keimbläschen ähnlich sieht, jedoch mit dem Unterschiede, daß man meist keine inneren Bildungen darin nachweisen kann, welche etwa dem Keimflecke analog wären. So viel ich und andere genaue Beobachter auch diese hellen Bläschen im Inneren der Furchungskugeln bei Säugethieren und Fröschen untersuchten, so haben wir uns doch in keinem Falle von der Existenz kernartiger Gebilde im Inneren derselben überzeugen können, sondern stets nur einen vollkommen homogenen, wasserklaren Inhalt in denselben gesehen. Andere, des Vertrauens nicht minder wür-

dige Beobachter versichern, im Inneren dieser Bläschen bei verschiedenen Thieren körnige Kerne gesehen zu haben, und wollen sogar deren constantes Vorkommen behaupten. Mag indeß dieser Streit geschlichtet werden, wie er wolle, so scheint wenigstens so viel gewiß, daß diese Kernchengebilde im Inneren der hellen Bläschen keine weitere Bedeutung für die Ausbildung der Furchungskugeln besitzen.

Beobachtet man das Ei einige Zeit später, so sieht man Statt zweier Furchungskugeln vier kleinere, meist vollkommen runde kugelförmige Gebilde, deren jedes ebenfalls ein helles Bläschen in seinem Inneren zeigt. Jede dieser Kugeln ist vollkommen isolirt von der andern und gleicht wieder in ihrer ganzen Bildung, abgesehen von der Größe, der primitiven Dotterkugel. Die Theilung schreitet nun streng gesetzmäßig in einer geometrischen Reihe fort, deren Exponent die Zahl 2 ist. Man findet

a

Fig. 31.

Noch einige Stunden später. Die Zellen der Keimscheibe sind ganz verschwunden; der Dotter in zwölf Furchungskugeln zerlegt.

a. Zona. b. Eiraum. c. Furchungskugeln.

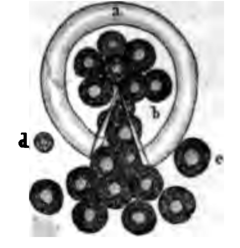


Fig 32.

Ein Ei gegen das Ende der Furchung, gesprengt, so daß die mit ihren hellen Kernen ausgestatteten Furchungskugeln austreten. Auf der Seite ein verschwindendes Richtungsbläschen, das körnig geworden ist. a. Zona. b. Eiraum. c. Furchungskugeln. d. Richtungsbläschen.

Eier aus 8, 16, 32, 64 u. s. w. Furchungskugeln zusammengesetzt, und jede dieser Furchungskugeln besitzt ein helles Bläschen in ihrem Inneren, und besteht ans einem Aggregat von körniger Dottersubstanz, welches um dieses Bläschen gruppirt ist. Der



einzige Unterschied dieser zahlreicheren Furchungskugeln von den ursprünglichen besteht in ihrem kleineren Volumen und in der geringeren Größe des in ihnen enthaltenen hellen Bläschens. Der Dotter erhält durch diese fortschreitende Furchung und Verkleinerung der Kugeln, die in der Zona eingeschlossen sind, je nach dem Stadium der Furchung die Gestalt einer Traube, einer Maulbeere oder Himbeere. Sobald man indeß das Ei öffnet, gelingt es leicht, die einzelnen Furchungskugeln von einander zu trennen und als selbstständige Elemente darzustellen.

Der Vorgang, wie wir ihn eben an dem Säugethiere dargestellt haben, war schon früher an anderen Thiereiern, namentlich an denjenigen der Frösche, beobachtet worden, und in der jetzigen Zeit ist es einzig die Classe der Vögel, bei welchen die Furchung noch unbeobachtet ist, während in dem ganzen übrigen Thierreich entweder totaler oder doch theilweiser Theilungsprozeß des Dotters bekannt ist. Es konnte nicht fehlen, daß diese merkwürdige Erscheinung, dieses Auftreten eines strengen numerischen Verhältnisses bei den ersten Lebensäußerungen des Eies, die Aufmerksamkeit der Naturforscher im höchsten Grade auf sich zog. Wenn man nun auf der einen Seite den Vorgang selbst in seinen äußeren Erscheinungen verfolgte, und mancherlei beträchtliche Modifikationen in demselben entdeckte, so suchte man auf der anderen Seite zu ermitteln, welcher tiefere Grund der Erscheinung zu Grunde liege, und in welcher Beziehung die Furchungskugeln sowohl zu den ursprünglichen Theilen, welche das Ei zusammensetzen, als auch zu den späteren Bildungselementen des Embryo's ständen.

Die erste Frage, welche man zu lösen versuchte, war diejenige nach dem Schicksale des Keimbläschens. Dieses in allen Eierstockseiern so constant vorkommende Gebilde war nach der Befruchtung, sobald einmal die Furchung sich einzuleiten begann, nicht mehr zu finden, und auch der körnige Keimfleck oder die vielfachen bläschenartigen Keimflecke ließen sich nirgends entdecken. Auch jetzt herrscht noch über diesen Punkt manches Dunkel, welches aufzuklären späteren Beobachtungen anheimge-

stellt ist. Daß die hellen Bläschen, welche sich in den Furchungskugeln zeigen, nicht durch eine Theilung des Keimbläschens hervorgegangen sind, ist wohl sicher ermittelt; daß das Keimbläschen, so wie es ursprünglich bestand, vor dem Beginne der Furchung zu Grunde gehe, scheint ebenfalls ausgemacht. Allein wir wissen nicht, zu welchen speziellen Bildungen sein Verschwinden Anlaß giebt, zumal da es in den Eiern mit totaler Furchung schwer hält, zu bestimmen, an welchem Orte das Keimbläschen ursprünglich gelegen habe. Es giebt indeß Thiere, bei welchen die Dottertheilung keine totale ist, sondern wo nur ein mehr oder weniger beschränkter Theil des Dotters an der Furchung Antheil nimmt, der Rest desselben dagegen in seiner ursprünglichen formlosen Gestalt zurückbleibt. Dies ist der Fall bei einigen Froschgattungen, bei den meisten Fischen und den Dintenfischen oder Cephalopoden, während die Eier der übrigen Molluskken, wie die der Säugethiere, totale Furchung besitzen. Bei den Thieren mit partieller Furchung erhebt sich nur ein Theil des Dotters hügelartig, und bildet wulstartige Erhöhungen, in welchen helle Bläschen sich zeigen, die sich mehr und mehr zerspalten, meist aber nach innen hin nur unvollkommen gegen die formlose Dottersubstanz abgegränzt sind. Die Furchung schreitet in diesem Falle von einem bestimmten Punkte aus allmählich um sich greifend fort, und überzieht, je nach den speziellen Verhältnissen, entweder das gesammte Ei oder auch nur einen Theil desselben. Hier zeigt es sich nun aufs Deutlichste, daß der Mittelpunkt, von welchem aus die Furchung fortschreitet, an demjenigen Orte liegt, den das Keimbläschen in dem unbefruchteten Eie behauptete, und daß dieser selbe Punkt auch den Mittelpunkt der embryonalen Entwickelung bildet. Ein gleiches Verhältniß findet sich aller Wahrscheinlichkeit nach auch bei den Eiern mit totaler Furchung. Das Keimbläschen zeigt somit in dem unbefruchteten Eie jedesmal die Stelle an, von welcher aus die embryonale Entwickelung fortschreitet.

Das Schicksal des einfachen Keimflecks oder der vielfältigen Keimflecke ist ebenfalls noch sehr in Dunkel gehüllt. Dieses

Dunkel wird in Beziehung zu dem einfachen körnigen Keimfleck, wie er sich bei den Säugethieren zeigt, auch nur sehr schwer gelichtet werden können. Wenn, wie es wahrscheinlich ist, die zarte Haut des Keimbläschens sich auflöst und die in demselben enthaltene Flüssigkeit sich wirklich mit der Dottersubstanz mischt, so wird es mit unseren jetzigen Hülfsmitteln der Untersuchung geradezu unmöglich sein, den Keimfleck unter den zahlreichen körnigen Dotterelementen herauszufinden und wieder zu erkennen. Indessen ist es jetzt durch wiederholte Beobachtungen mehr als wahrscheinlich geworden, daß auch der Keimfleck oder die Keimflecke in durchaus keiner engeren Beziehung zu der Bildung der Embryonalgewebe selbst stehen, und daß sie sogar in einzelnen Fällen schon innerhalb des Keimbläschens sich auflösen, ehe noch dieses selber verschwindet. Offenbar sind Keimbläschen und Keimfleck mehr Theile des werdenden Eies, als wesentliche Organe des fertigen Keimes. Sie sind nöthig zur Entstehung des Eies; sie sind die bedingenden Elemente zur Bildung desselben; ihre Bedeutung nimmt aber ab, je mehr sich das Ei seiner Reife nähert. Das Ei wird erst entwickelungsfähig durch die Befruchtung; damit diese Statt habe und erfolgreich sei, ist das Keimbläschen mit seinem Inhalte nicht mehr nöthig. Versuche haben zu klar erwiesen, daß die Befruchtung Statt finden könne, wenn auch schon das Keimbläschen verschwunden und die Einleitung zur Zellenbildung im Ei getroffen ist. Man kann demnach das Keimbläschen mit seinem Keimflecke eher ein provisorisches Organ des Eies nennen, welches zur Zeit der Reife des Eies als unnütz geworden eingeht, wie so manche Organe, im werdenden Thiere von großer Wichtigkeit, bei der späteren Entwickelung eingehen.

Mit der Einleitung der Furchung ist immer eine bedeutende innere Molekularbewegung des Eies gegeben, die sich besonders durch eine bedeutende Zusammenziehung ausspricht. Begreiflicher Weise ist die Zusammenziehung um so bedeutender, je tiefer die Furchung in das Ei selbst eingreift, und bei den Eiern mit vollständiger Furchung greift sie so weit ein, daß Tröpfchen

der flüssigen Dottersubstanz aus dem Furchungspole herausgepreßt werden. Man glaubte, als man mit dieser Erscheinung noch nicht vollständig vertraut war, auch hier einen bedeutenden Einfluß dieser Richtungsbläschen, wie man sie nannte, annehmen zu müssen, konnte sich aber später überzeugen, daß ihre Gegenwart eben nur jene bedeutendere Concentration der Dottermassen, die sich zur Furchung anschickten, anzeigte. Es verschwinden diese Bläschen spurlos in der Flüssigkeit, welche die Furchungskugeln umgiebt.

Die sämmtlichen Vorgänge, welche bis zur Einleitung des Furchungsprozesses innerhalb des Eies selbst Statt finden, das Verschwinden des Keimfleckes und des Keimbläschens, die Zusammenziehung der Dottermasse und das Auspressen eines Theiles ihrer Flüssigkeit zielen demnach darauf hin, aus dem Dotter selbst ein einförmiges, homogenes Bildungsmaterial zu schaffen, aus welchem heraus der Embryo mit seinen verschiedenen Organen sich aufs Neue differenziren könne. Mit den äußeren Erscheinungen gehen innere Veränderungen Hand in Hand, die zuerst nur durch die concentrirende Molekularbewegung sich kund geben, später aber auch da sichtlich in die Augen treten, wo Dotterelemente vorhanden sind, deren Veränderungen mit den Augen aufgefaßt werden können. Diese Veränderungen schreiten später bei der weiteren Entwickelung der Furchungskugeln und der aus ihnen hervorgehenden Embryonalzellen freilich noch rascher fort; sie beginnen aber schon bei dem ersten Aufleben der inneren Bildungsvorgänge und bestehen, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer allmählichen Reduktion und Verfeinerung der anfänglich gröberen Dotterelemente. Die Oeltropfen, die Körner, die festeren fettigen oder eiweißartigen Körper, welche sich innerhalb der Dottersubstanz vieler Thiere finden, verkleinern sich allmählich und verflüssigen sich mehr und mehr, so daß nach beendigtem Vorgange dieser Art das Bildungsmaterial weit heller und durchsichtiger geworden ist. Meist unterscheidet man in den Eiern die Embryonalanlage auf den ersten Blick durch ihre größere Durchsichtigkeit von der übrigen Masse. Diese

innere Durchbildung hängt von dem Dotter selbst und nicht von dem entstehenden Embryo ab, denn sie findet auch da Statt, wo das Bildungsmaterial des Dotters einen abnormen Weg der Entwickelung einschlägt. Bei gewissen Würmern hat man beobachtet, daß es vielleicht von zufälligen Umständen abhängt, ob ein einziges Ei, eine einzige Dotterkugel sich durch Spaltung in mehrere Theile theilt, deren jeder einen vollständigen Embryo hervorbringt. Bei vielen Mollusken, deren Dotterkugeln, von keiner Haut umgeben, in einer gemeinschaftlichen Hülle gelegt werden, hängt es wieder von einzelnen Umständen ab, ob mehrere dieser Dotterkugeln sich zur Bildung eines einzigen Embryo's vereinigen, oder ob sie isolirt bleiben. So reißen sich auch oft von dem Dotter der Mollusken einzelne Theile los, welche selbstständig sich zu Elementargebilden entwickeln, die in keiner Beziehung zu dem Embryo selbst stehen.

Kehren wir zu den Furchungskugeln zurück, um deren weiteres Schicksal zu erforschen, so sehen wir ihre Zahl immer größer, ihren Umfang immer geringer werden. Aus der geometrischen Reihe, mit dem Exponenten zwei, welche durch diese Vermehrung gebildet wird, geht schon hervor, daß jede bestehende Furchungskugel sich in zwei kleinere Kugeln theilen, und eine jede dieser kaum entstandenen Furchungskugeln wieder neue Theilungsfähigkeit besitzen müsse. Es fragt sich aber, von welchen Bildungselementen der Furchungskugel diese stets erneuerte Spaltung in zwei Hälften ausgehe, ob es das helle centrale Bläschen sei, welches auf irgend eine Weise sich theile und hernach als Anziehungsmittelpunkt diene, um welchen herum die einzelnen Dotterelemente sich in Form von Kugeln gruppiren, oder ob vielmehr in der formlosen Dottersubstanz selbst diese Tendenz zu kugelförmiger Gruppirung liege, und erst secundär in den vorgebildeten Kugeln das helle Bläschen sich entwickele.

Eine ausreichende Antwort läßt sich nach den bis jetzt vorhandenen Beobachtungen auf diese Fragen nicht geben. Einerseits läßt sich durchaus nicht daran zweifeln, daß man zuweilen, namentlich bei gewissen Thieren, Furchungskugeln antrifft, welche

zwei helle Kerne oder sogar einen bisquitförmigen Kern enthalten, so daß man hier unmittelbar durch die Beobachtung darauf hingewiesen wird, das Primitive der Vermehrung in der Theilung des Kernes, mag dieser nun eine zähflüssige Masse oder ein Bläschen sein, zu suchen. Um den so getrennten und in zwei Hälften auseinander weichenden Kern würde sich die Dottermasse wieder neu in zwei Kugeln gruppiren. Auf der anderen Seite stehen eben so wohl constatirte Beobachtungen, nach welchen man schuhsohlenförmige Furchungskugeln gesehen hat, wo nur in der einen Hälfte ein Kern sich befand, wo also die Furchungskugel sich theilte, ohne daß der Kern die Einleitung dazu gab. Wahrscheinlich ist es demnach, daß eben so wenig, wie für andere Organtheile, auch hier eine einheitliche Art der Vermehrung angenommen werden dürfe, und daß man bald die eine, bald die andere Entstehung in der Natur gegeben finde.

Die genauere Feststellung dieser Verhältnisse erscheint besonders deshalb von Wichtigkeit, weil der Furchungsprozeß die Einleitung darstellt zu der Bildung der Elementartheile, aus welchen der Embryo sich aufbaut. Der Embryo selbst besteht zu einer gewissen Zeit seiner ganzen Masse nach aus Zellen, d. h. aus bläschenartigen Gebilden, welche in ihrem ganzen Verhalten denjenigen Elementartheilen gleichen, aus welchen das Gewebe der Pflanzen aufgebaut ist. Erst aus diesen ursprünglichen Elementarzellen, welche den Embryo zusammensetzen, entstehen die einzelnen so mannichfaltigen Gewebtheile, aus welchen die Organe des Erwachsenen gebildet sind. Die Erkenntniß dieser ursprünglichen Uebereinstimmung in der Struktur der Pflanzen und Thiere ist eines der schönsten Resultate, welches die neuere Wissenschaft zu Tage gefördert hat. Sie ist der Ausgangspunkt gewesen zu den fruchtbarsten Arbeiten im Felde der mikroskopischen Forschung und läßt auch jetzt noch die weitsichtigsten Ergebnisse erwarten. Die ganze embryonale Entwickelung beruht auf dem Leben der Zellen, auf deren Entstehung und allmählicher Ausbildung, und jede Thatsache, welche auf diese Entstehung und auf die Funktion der Zelle im Allgemeinen

Bezug hat, ist deshalb von der größten Wichtigkeit. Die Geschichte der Entstehung und Vermehrung der Furchungskugeln ist zugleich die Entstehungsgeschichte der thierischen Zellen im Allgemeinen, denn die Furchungskugeln sind nur werdende Zellen und bilden sich augenblicklich zu wirklichen Zellen aus, sobald sie durch fortschreitende Theilung diejenige Größe erreicht haben, welche die Elementarzellen des Embryo's besitzen sollen. Da alle Organe des Embryo ohne Ausnahme ursprünglich aus wahren Zellen zusammengesetzt sind, so wird es, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, hier ersprießlich sein, das Leben der Zellen im Allgemeinen, ihre Entstehung, Fortbildung und endliches Schicksal darzustellen, und in kurzen Umrissen die Zellentheorie so zu geben, wie der heutige Stand der Wissenschaft dieselbe ausgebildet hat.

Die Furchungskugeln haben wir in dem Vorhergehenden als kugelige Körper kennen gelernt, deren Substanz um ein Bläschen als Mittelpunkt gruppirt ist. Diese Substanz, welche stets einen gewissen Halt hat und meistens sogar noch größere Festigkeit besitzt, als die ursprüngliche Dottersubstanz, wird in ihrer kugeligen Form durch ihre eigene Zähigkeit, nicht aber, wie man etwa glauben könnte, durch Umhüllung mit einer besonderen Membran erhalten. Man hat viel und oft über diese Existenz von umhüllenden Membranen an den Furchungskugeln gestritten, dabei aber vergessen, daß man sich besonders in dem Fall nicht einigen konnte, wo man von Furchungskugeln verschiedenen Alters sprach, indem die anfänglich hüllenlosen Kugeln sich allerdings zu einer gewissen Zeit mit einer Membran umkleiden. Die gelatinöse Grundsubstanz, in welcher die Körnchen der Dottermasse und der Masse der Furchungskugeln zerstreut sind, verdichtet sich allmählich an der Peripherie der Furchungskugel und erhärtet endlich zu einer strukturlosen einfachen Membran, deren Existenz und bestimmte Abtrennung von dem Inhalte um so leichter nachgewiesen werden kann, je längere Zeit die Membran bestanden hat. Man kann sich den Vorgang dieser Erhärtung etwa versinnlichen, wenn man die Bildung einer

festeren geronnenen Schicht auf einer Gelée z. B. ins Auge faßt. Auch hier läßt sich im Anfang nur erkennen, daß an der Oberfläche unter dem Einflusse der Luft eine consistentere Schicht sich gebildet hat, die allmählich in die innere flüssige Masse übergeht und sich von dieser nicht scheiden läßt; nach und nach gerinnt diese Schicht zu einem einfachen Häutchen, das man trennen und abziehen kann. Ganz so verhält es sich auch mit den Furchungskugeln. Je kleiner diese werden, desto bestimmter spricht sich die Trennung zwischen umschließender Haut und innerer, eingeschlossener Substanz aus. Ist diese Trennung einmal nachweisbar vollendet, so nennen wir die Gebilde, die wir vor uns haben, Zellen, und wir erkennen dann gewisse Lebenserscheinungen, welche ihren Sitz hauptsächlich in der die Zelle einschließenden Membran oder in der Zellenwand haben.

Indem wir die allmähliche Bildung der Furchungskugeln und die Ausbildung der Zellenwand verfolgten, haben wir zugleich die Entstehungsgeschichte der Zelle selbst kennen gelernt, sowie deren einzelne Theile bezeichnet. Alle aus Furchungskugeln hervorgegangenen Zellen, und da diese es sind, welche den Embryo zusammensetzen, alle primitiven Embryonalzellen werden demnach aus folgenden Theilen gebildet.

1) Aus einer äußeren umhüllenden, strukturlosen Membran, der Zellenwand, welche die Form eines kugeligen Bläschens besitzt und durch Condensirung der peripherischen Schicht einer Furchungskugel entstanden ist.

2) Aus einem mehr oder minder flüssigen oder weichen, kernigen Inhalt, gebildet von der ursprünglichen Dottersubstanz, welche nach ihrer Gruppirung in kugeliger Form von der allmählich an der Peripherie sich verdichtenden Zellenwand umschlossen wurde, und

3) endlich aus einem inneren hohlen, mit wasserheller Flüssigkeit gefüllten Bläschen, dem Kerne, das ursprünglich in der Mitte des Körnerhaufens sich befindet, und zuweilen, wenn auch nicht in allen Fällen, ein körniges Kernchen umschließt.

Welches Gebilde bei dem beschriebenen Vorgange der Zellenbildung aus Furchungskugeln das primäre sei, ob der körnige zur Kugel geballte Inhalt, das in demselben eingeschlossene Bläschen, der Kern, oder das in dem Kerne gelegene Kernchen, kann vor der Hand noch nicht mit Sicherheit ausgemacht werden. So viel aber ist festgestellt, daß die Zellenwand eine sekundäre Bildung um die vorher bestehende Substanzkugel mit ihrem Kerne ist.

Die primitiven Zellen des Embryo, aus welchen in der Folge alle Elementartheile der Gewebe hervorgehen, entstehen also nach den bis jetzt angestellten Untersuchungen überall im Thierreiche durch peripherische Umbildung einer Zellenwand um eine kernhaltige Substanzkugel, und in allen Fällen lassen sich die drei integrirenden Bestandtheile: Kern, Inhalt und Zellenwand, deutlich in diesen primitiven Embryonalzellen unterscheiden. Es fragt sich indeß, ob diese Art der Zellenbildung die einzige sei, und ob nicht sowohl bei Embryonen, als auch bei Erwachsenen, bläschenartige Gebilde, welche wir ihrer Lebenserscheinungen wegen mit dem Namen von Zellen belegen müssen, auch in anderer Weise entstehen können.

Als man die große Idee von der primitiven Zellenbildung aller thierischen Gewebe zuerst aufstellte, glaubte man nach den vorhandenen, besonders an Pflanzen angestellten Beobachtungen ein anderes Schema der Zellenbildung geben zu müssen. Von dem Grundsatze ausgehend, daß gleichartige Dinge auch auf gleiche Weise entstehen müßten, behauptete man die Allgemeinheit dieses Schemas für alle Zellen ohne Ausnahme. Die innere Nothwendigkeit der gleichartigen Entstehungsweise aller Zellen ist indeß damit durchaus noch nicht dargethan, daß man in bläschenartigen Gebilden, welche sehr verschiedener Form, verschiedenen Inhalts und verschiedenen Endschicksals sein können, Lebenserscheinungen nachweist, welche uns berechtigen, dieselben unter einem gemeinsamen Begriffe, demjenigen der Zelle, zusammenzufassen. Wenn Jemand behaupten wollte, daß alle Thiere auf die gleiche Weise entstehen müßten, so würde man eine solche

Ansicht eben einfach mit Hinweisung auf die Erfahrung zurückweisen, die uns mehrfache Entstehungsarten der Thiere kund giebt, und wenn Jemand, um ein näher liegendes Beispiel zu wählen, den Satz aufstellte, daß alle verschiedenen Arten von Fasern, welche sich in den thierischen Geweben finden, auch wirklich in gleicher Weise entstanden sein müßten, so würde man sich ebenfalls genöthigt sehen, mit Hindeutung auf die Erfahrung ihn zurückzuweisen. Ganz so verhält es sich auch mit den Zellen; wenn wir auch eine gewisse Gruppe von Elementartheilen Zellen nennen und diese Zellen in gewissen Punkten mit einander übereinstimmen, so können dieselben doch in anderen Verhältnissen von einander abweichen, und jetzt schon beweist uns die Erfahrung, daß es Entstehungsweisen von Zellen giebt, welche von der oben beschriebenen in ihrem Mechanismus durchaus verschieden sind.

Nach der von dem Begründer der Zellentheorie zuerst aufgestellten Ansicht sollten sich die Zellen bei den Pflanzen in folgender Weise bilden und vermehren. In der formlosen, körnigen Grundsubstanz, die man an vielen Orten in werdenden Gebilden findet, und welche man Cytoblastem (Zellenbildungsstoff) nannte, sollte ein besonderes Körnchen sich vergrößern und einen Anziehungspunkt, ein Kernchen (Nucleolus) bilden, um welchen herum die Körnchen der Grundsubstanz sich zu einem rundlichen oder linsenförmigen Körper, einem Kerne (Nucleus) gruppirten. Auf der einen Seite dieses Kernes sollte sich nun eine membranartige Schicht niederschlagen, welche anfangs dem Kerne eng anliege, allmählich wüchse, sich ausdehne und zu einem Bläschen entwickele, an dessen innerer Seite der Kern dann anhängend gefunden werde. Dieses Bläschen, die entstehende Zellenwand, sollte anfänglich etwa in einem Verhältnisse zu dem Kerne stehen wie das Uhrglas zu dem Körper einer Uhr, und erst durch das allmähliche Eindringen flüssigen Inhalts sollte dies Bläschen sich vergrößern und nach und nach die Größe erhalten, welche es in gewöhnlichen Zellen besitzt, wo der Kern nur in unbedeutendem Verhältnisse zu der Zelle steht.

Es ist klar, daß bei dieser Annahme der Zellenbildung anfänglich nur flüssiger Inhalt durch Endosmose in das Innere der Zelle gelangen konnte, und in der That hielt man auch die häufig in dem Zelleninhalte befindlichen Körnchen für Produkte späteren Niederschlags.

Vielfache Untersuchungen haben gezeigt, daß diese sogenannte freie Zellenbildung bei den Pflanzen nur ausnahmsweise bei der Bildung des Pflanzenembryo's, sowie bei einigen niederen Pflanzen bei der Bildung der Sporen vorkommt, und daß auch in diesen Fällen die Deutung, wie man sie zuerst gab, insofern verändert werden muß, als der ursprüngliche Zellenkern unter keinen Umständen mit der Zellenwand in Verbindung steht, sondern mit anderen Substanzen zugleich von derselben umschlossen wird, so daß sogar bei der freien Zellenbildung dennoch die ganze Entstehung auf der peripherischen Umbildung einer Zellenwand um eine kernhaltige Substanzkugel beruht. Bei dem gewöhnlichen Vegetationsprozesse findet aber die Bildung neuer Zellen stets durch Theilung der vorhandenen vegetabilischen Zellen Statt und diese Theilung scheint immer von der Zellenwand selbst auszugehen.

Die Uebertragung dieser Verhältnisse von den Pflanzen auf die Thiere ist gewiß nicht so einfach, wie man sich in dem ersten Enthusiasmus über die Auffindung der Zellentheorie im Allgemeinen einbildete. Die Vermehrung der thierischen Zellen im Allgemeinen ist in großes Dunkel gehüllt, und noch immer genügen die vorhandenen Beobachtungen nicht, um hier Genaueres feststellen zu können. Die bewährtesten Beobachter können noch nicht sagen, auf welche Weise sich die Blutzellen in dem Körper des Erwachsenen erneuern und ausbilden, und ebenso wissen die Embryologen wenig oder nichts zu sagen von der Art und Weise, wie sich die Zellen, welche aus den Furchungskugeln hervorgehen, und die Zellen der einzelnen Organgebilde vermehren. Man kann vielleicht die bis jetzt beobachteten Thatsachen in ähnlicher Weise, wie bei den Pflanzen, hauptsächlich auf zwei Vermehrungsweisen der Zellen zurückführen, auf die Spal-

rung und Theilung der Zellen einerseits und auf die Bildung von Zellen um einen zusammengeballten Inhalt andererseits. Bei der ersten Weise soll überall der Kern das bedingende Element sein, indem er sich verlängert, endlich in zwei Hälften auseinanderrückt und dann die Zellenmembran sich so einschnürt, daß nach und nach aus einer ursprünglichen Zelle zwei neue gebildet werden. Die Bildung um einen Inhalt findet meistens innerhalb einer alten Zelle Statt. Auch hier soll sich der Kern der Mutterzelle zuerst theilen, dann in einiger Entfernung um die getheilten Kerne die jungen Zellenmembranen entstehen, die zugleich Kern und Inhalt einschließen, und endlich durch Verschwinden der alten Zellenmembran die neuen Zellen hervorgehen.

In manchen Geweben bilden sich Zellen auf die Weise, daß anfänglich innerhalb einer homogenen Grundsubstanz sich äußerst kleine Bläschen bilden, die sich allmählich vergrößern, die Grundsubstanz verdrängen oder durch Endosmose in sich aufnehmen, und endlich vollkommen polyedrische Gestalt annehmen, wie man sie in dem Pflanzenzellgewebe zu sehen gewohnt ist. In diesen durch allmähliche Ausdehnung entstandenen Zellen findet sich meist gar kein Kern, und wenn ein solcher vorhanden ist, so zeigt er sich nur in den ganz ausgebildeten Zellen als kleines, blasses Körperchen.

Wir beobachten in den Zellen eine Menge eigenthümlicher Erscheinungen, welche hauptsächlich der Zellenwand angehören und darauf hinführen, die Zelle gleichsam als einen für sich bestehenden Organismus anzusehen, der ein eigenthümliches Leben hat, welches sich durch Wachsthum in bestimmten Richtungen, durch Veränderungen der im Inneren enthaltenen Gebilde, durch Aufnahme und Abgabe gewisser Stoffe, endlich sogar manchmal durch Bewegungserscheinungen und durch einen bestimmten Lebenscyclus kund giebt, in Folge dessen die Zelle entsteht, sich ausbildet, in andere Elementartheile übergeht, oder auch der endlichen Auflösung anheimfällt. Freilich entwickelt sich eine jede Zelle nach dem Typus des Organismus, welchem sie angehört,

und in Beziehung zu dem Organe, von welchem sie einen Theil ausmacht; allein ihr Leben ist dennoch in manchen Beziehungen unabhängig von der Existenz dieses Organismus, und kann oft noch eine Zeit lang auch ohne den Zusammenhang mit demselben fortbestehen. Ich weiß kein besseres Bild zur Versinnlichung des Lebens eines aus Zellen zusammengesetzten Organismus, als die Vergleichung mit einem Bienenstocke. Jede Arbeiterbiene ist durch ihren Instinkt, durch die Organisation ihres gesammten Körpers darauf angewiesen, die Honigkuchen nach einer bestimmten Norm zu verfertigen und aufzubauen. Jede derselben ist an ihren Stock gefesselt und baut nur dann in diesem Stocke, wenn ihre Königin darin weilt. Trotz dieser Unterordnung unter das Ganze ist dennoch jede Biene frei, den Honig, das Wachs, kurz alle nöthigen Materialien da zu holen, wo es ihr gefällt, und in solcher Menge herbeizubringen, als sie zweckmäßig findet. In gewisser Weise ähnlich verhalten sich auch die Zellen, welche einen werdenden Organismus bilden. Sie entwickeln sich nach bestimmten Normen, die dem Typus, welchem der Organismus angehört, eutsprechen; allein in diesem Streben, in diesem Zusammenwirken zur Bildung des Ganzen führt eine jede Zelle ein mehr oder weniger beschränktes individuelles Leben, das je nach besonderen Verhältnissen modificirt werden kann.

Von wesentlicher Wichtigkeit für das Leben der Zellen sind die Veränderungen, welche wir im Inneren derselben erfolgen sehen, die Umwandlungen, welche der Inhalt selbst erfährt; Erscheinungen, die besonders von der Zellenwand auszugehen scheinen. Schon die einfachen endosmotischen Prozesse, welche bei allen thierischen Membranen vorkommen, zeigen sich auch bei den Zellen, die in nicht concentrirten Flüssigkeiten aufschwellen und selbst bersten, in concentrirten dagegen durch Abgabe von Flüssigkeit einschrumpfen nnd sich runzeln; allein außer diesen Phänomenen kommt der Zellenwand auch noch eine eigenthümliche Einwirkung auf die Flüssigkeiten zu, von denen die Zelle umspült wird. Wir haben schon bei der Betrachtung der Ab-

sonderungsthätigkeit die Frage besprochen, ob die in den Drüsengängen vorhandenen Zellen die Sekretionsstoffe in sich erzeugen, oder sie nur einfach aus der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit aufnehmen. Wir haben uns für die letztere Annahme erklärt aus dem Grunde, weil man einzelne Sekretionsstoffe im Blute nachweisen kann; zu gleicher Zeit aber zeigten wir, daß diese Anziehungskraft für einzelne Stoffe, welche die Zellenwand besitzt, von der Fähigkeit, diese Stoffe neu zu bilden, nur sehr wenig abstehe. Jede Zelle ist so gleichsam ein specifisches Filtrum für gewisse Stoffe, und zeigt ihre Lebensthätigkeit eben darin, daß sie in einer Auflösung verschiedenartiger Stoffe nur diejenigen anzieht und in sich hinein filtrirt, welche ihrer Natur nach zu der Zellenwand in einem gewissen Verhältniß stehen. So ziehen die Blutkörperchen aus dem Blute allen Blutfarbestoff an sich, die Nierenzellen aus demselben Blute den Harnstoff, die Leberzellen den Gallenfarbstoff — alles Stoffe, welche man im normalen Zustande nur in diesen Zellen findet und die oft nur in unbestimmbarer Menge in dem Blute enthalten sind.

Nicht nur bei dieser Aufnahme besonderer specifischer Stoffe zeigt sich aber die Zellenwand besonders interessirt, sondern auch bei manchen anderen Erscheinungen. So geht die allmähliche Verflüssigung des Inhaltes bei den mit grobkörnigem Gehalte versehenen Zellen stets von der Zellenwand aus; die Körner verschwinden zuerst in der Nähe derselben, so daß platte Zellen wie ein Ring aussehen, der mit einem hellen Rande umgeben ist, und zuletzt erst lösen sich diejenigen Körper auf, welche den Kern umgaben. Der Niederschlag von körnigen Massen in Zellen mit anfänglich flüssigem Inhalt geht den umgekehrten Weg; zuerst sammeln sich die Körner um den Kern und allmählich nur nähern sie sich der Peripherie. Oft verdicken sich die Zellen in der Art, daß sich allmählich neue Schichten an die Zellenwand anlegen; die Zellenwand selbst leistet mit dem Alter größeren Widerstand gegen chemische Reagentien, löst sich schwerer in Essigsäure z. B. auf. Alle diese Thatsachen be-

weisen, daß die Zellenmembran in den Lebenserscheinungen der Zellen die bedeutendste Rolle spielt und daß sie besonders der Sitz derselben ist.

In gewissen Zellen erreicht die Zellenwand den höchsten Grad der Ausbildung, indem sie wirklich Contraktilität erhält und bewegungsfähig wird. Die Wimpern der Flimmerzellen sind nur Ausfaserungen der Zellenwand, welche beweglich werden. Die Unabhängigkeit solcher Wimperzellen kann so weit gehen, daß sie förmlich sich losreißen und frei umher bewegen, wie man dies namentlich bei den Wimperzellen von Schneckenembryonen beobachtet hat. Von dieser freien Beweglichkeit der Wimperzellen zu der gänzlichen Befreiung der Zellen ist nur ein Schritt, der in der That in der Natur auch gethan scheint. Schon die obenerwähnten losgerissenen Wimperzellen gleichen so vollkommen manchen Infusorien, daß ihr Entdecker sie wirklich als Thiere betrachten wollte. Die neueren Untersuchungen haben nun gelehrt, daß es in der That manche niedere Thiere giebt, welche nur von einer einzigen Zelle gebildet werden, so daß die Zelle also nicht nur Bewegung, sondern auch Empfindung besitzt. Viele sogenannte polygastrische Infusorien sind Zeitlebens nichts anderes als eine einfache thierische Zelle, mit Empfindung und Bewegung begabt. Andere Thiere sind nur während einer gewissen Zeit auf dieser Stufe der Bildung, über die sie sich später hinausschwingen. So sind die meisten sogenannten beweglichen Keimschläuche, deren wir oben bei der Ammenzeugung gedachten, nur einfache thierische Zellen mit Empfindung und Bewegung, welche in ihrem Inneren die Brut der Jungen erzeugen. Diesen Keimschläuchen ähnlich sind die sogenannten Gregarinen, eigenthümliche Schmarotzer, welche nur einzellige Uebergangsformen höher gebildeter Schmarotzer sind. Das Ei endlich ist in seinem ursprünglichen Zustande ebenfalls nichts anderes als eine Zelle; der Keimfleck das Kernchen, das Keimbläschen der Kern, der Dotter der Inhalt, die Dotterhaut die Zellenwand. Es zeigt sich aber in diesen Verhältnissen, die wir nur andeuten können, wieder recht deutlich die allmähliche Unter-

ordnung der Zelle unter das Ganze des Organismus. Bei den niedersten Thieren ist die Zelle selbst der Gesammtorganismus; eine Stufe höher bildet die Zelle den Organismus nur während einer Uebergangsperiode, besitzt aber auch dann noch alle animalischen Funktionen, Empfindung und Bewegung; noch weiter aber ist der Organismus ursprünglich eine unbewegte Zelle, dann ein Zellenhaufen, dessen einzelne Glieder sich trennen, Bewegung erhalten und eine Zeit lang ein eigenes Leben führen können; endlich bei den höchsten Thieren wird die Eizelle nicht beweglich, aus dem späteren Zellenhaufen können sich die einzelnen Elemente nicht loslösen, um ein selbstständiges Leben während einiger Zeit zu führen, und die Bewegung wird nur einzelnen bestimmten Zellen zuertheilt, während die meisten durch Metamorphosen ihrer ursprünglichen Natur entfrembet und in andere Gewebtheile übergeführt werden, die mehr noch als die einfache Zelle von dem Organismus im Ganzen abhängig sind.

Diese Umwandlungen der Zellen im Einzelnen zu verfolgen, würde uns hier zu weit führen. Es kommen dieselben zu Stande theils durch einseitiges Auswachsen nach verschiedenen Richtungen, wodurch geschwänzte, birnförmige, spindelförmige, cylindrische Gestalten erzeugt werden, die endlich in solide Fasern sich spalten oder auch durch Aneinanderwachsen in Röhren sich umwandeln; theils auch durch innere Anlagerung von Schichten und Fasern, und theils wieder durch Aufnahme verschiedener Stoffe, Auflösung der Wände, der Kerne und dergleichen mehr. Alle diese Verwandlungen bieten einen großen Reichthum an Erscheinungen dar; sie sind in jedem Gewebe anders, und ich müßte die mikroskopische Anatomie sämmtlicher einzelner Organe und die Entstehungsgeschichte der einzelnen Gewebtheile darstellen, wenn ich alle diese Metamorphosen näher berühren wollte, die im Ganzen darauf hinauslaufen, die selbstständigen Lebenserscheinungen, welche die Zelle zeigte, zu vernichten und dieselbe ganz dem allgemeinen Leben des Organismus unterzuordnen.

Mit dieser Vernichtung des speziellen Zellenlebens im Organismus gewinnen aber die außerhalb der Zelle befindlichen

Stoffe eine größere Bedeutung. Die Zellen sind, bei den Thieren sowohl wie bei den Pflanzen, durch eine formlose, bei ersteren mehr flüssige Substanz mit einander verbunden, die sogenannte Intercellularsubstanz, welche dann mit dem Cytoblasteme gleichbedeutend wird, wenn in ihr Zellen entstehen. Bei den Pflanzen spielen ferner die Intercellularräume eine große Rolle, leere Räume, welche sich zwischen den einzelnen Zellen hinziehen und meist mit cirkulirendem Safte gefüllt sind. Diese Substanzen und Räume zwischen den Zellen bekommen bei den Thieren erst dann ihre Wichtigkeit, wenn die Zellennatur der Gewebe durch die späteren Metamorphosen zu schwinden beginnt. Die größeren Blutgefäße nämlich, die Drüsengänge ohne Ausnahme, sind ihrer Entstehung nach nur Intercellularräume, entstanden durch das Auseinanderweichen ursprünglich compakter Zellenmassen, und das Blut, wie die verschiedenen Sekretionsflüssigkeiten sind, ihrem Ursprunge nach, nur flüssige Intercellularsubstanz. Wir werden bei der Bildung der Blutgefäße, bei der Entstehung der Drüsengänge näher hierauf eingehen und namentlich sehen, daß die Cirkulation des Blutes erst dann in ihre, für den Körper so wichtige Stelle eintritt, wenn die ursprüngliche Zellenstruktur des Embryo untergeht, und daß die Anlagen der Organe ganz ohne Intervention der Cirkulation sich aus Zellen aufbauen, welchen in der ersten Zeit alle Funktionen zukommen, die später durch die Blutflüssigkeit vermittelt werden.

Zweiundzwanzigster Brief.

Das Ei und seine Hüllen in der Gebärmutter.

Wir haben in dem vorigen Briefe das Ei bis zu dem Augenblicke verfolgt, wo die Furchungskugeln, auf ihren kleinsten Durchmesser reducirt, sich mit Membranen umgaben und so als wirkliche Zellen hinstellten. Die Dottermasse im Ganzen hat in diesem Momente, wo das Ei in den Uterus eintritt, ihre ursprüngliche kugelige Gestalt wieder gewonnen, und nur die warzenartigen Erhöhungen auf der Oberfläche deuten bei dem unverletzten Eie darauf hin, daß der Dotter auf diesem letzten Stadium der Furchung noch aus kugeligen Elementen zusammengesetzt sei. Sobald die Furchungskugeln sich einmal in Zellen umgewandelt haben, treten bald die Funktionen der Zellenwände auf, wodurch die äußere Struktur der Zellen und die Natur ihres Inhaltes verändert wird. Die Zellen der Säugethiereier drängen mehr und mehr nach der Peripherie, während im Inneren Flüssigkeit sich ansammelt und das Ei durch Einsaugung von außen an Umfang zunimmt. Die Zellen haften zugleich durch ihre Oberfläche fester an einander, wie wenn sie mittelst einer lebenden Intercellularsubstanz an einander geleimt wären. Sie zerfallen nicht mehr bei dem Oeffnen des Eies, wie früher die Furchungskugeln, sondern bilden nun eine zusammenhängende, hautartige Ausbreitung, in welcher sie sich durch den gegenseitigen Druck abplatten und sechseckige Gestalten annehmen, so daß eine solche Zellenlage, von der Fläche aus gesehen, etwa das Ansehen

eines alten Fensters bietet, in welchem kleine sechseckige Scheiben durch Bleistäbe mit einander verbunden sind. Dieses Hindrängen der Zellen nach der Peripherie erreicht seinen endlichen Gipfelpunkt in der Bildung der erwähnten hautartigen Ausbreitung, welche der inneren Fläche der Zona hart anliegt und aus den schönsten sechseckigen plattgedrückten Pflasterzellen besteht, die man sehen kann. Jede dieser Zellen hat einen centralen hellen Kern, das ursprüngliche helle Bläschen der Furchungskugel. Der körnige Inhalt ist anfangs gleichmäßig in der Zelle vertheilt, bald aber beginnt die allmähliche Auffaugung dieser dunkleren Körnchen von der Zellenwand her, und da die Zelle selbst abgeplattet ist, so zeigen sich die am längsten persistirenden Körner in Gestalt eines Ringes körniger Substanz, welcher um den hellen Kern gruppirt ist.

Während diese Veränderungen in den Zellen selbst vorgehen, hat sich das Ei durch Aufnahme von Flüssigkeit in das Innere mehr und mehr vergrößert und die Zona selbst in bedeutendem Grade ausgedehnt. Wenn die Zona anfangs unter dem Mikroskope als ein verhältnißmäßig sehr dicker, glänzender Ring erschien, der sich um die Dotterkugel legte, so zeigt sie sich jetzt, wo das Ei in dem Uterus befindlich ist, als eine zarte

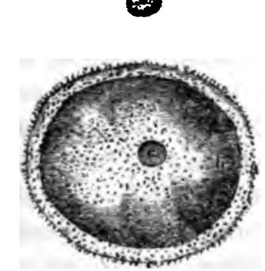


Fig. 33. Ein Hundeei aus dem Uterus, in natürlicher Größe und vergrößert Das Ei besteht aus zwei ineinander geschachtelten häutigen Blasen — die äußere, die übermäßig ausgedehnte Zona ist mit den Anfängen der Zotten besetzt; die innere oder Keimblase ist durch einen Zwischenraum vom Chorion getrennt. Man sieht in der Mitte die dunkle Zellenanhäufung (Fruchthof), wo der Embryo sich entwickelt.
a. Zottige Zona. b. Keimblase. c. Fruchthof.

Membran, die so dünn ist, daß sie keine doppelten Contouren mehr bemerken läßt. Durch diese allmähliche Ausdehnung der Zona, welche sich während des Furchungsprozesses ausbildete, durch die Umwandlung der Furchungskugeln in Zellen und die Anlagerung dieser Zellen zu einer continuirlichen peripherischen

Schale, zu einem Hautsacke, welcher eine helle Flüssigkeit einschließt, hat das Ei in dem Uterus ein durchaus verändertes Ansehen bekommen. Es ist fast durchsichtig, von der Größe eines Stecknadelkopfes und aus zwei dünnen, in einander geschachtelten Membranen zusammengesetzt, von welchen die äußere, structurlose, die sehr verdünnte Zona darstellt, während die innere aus den zusammengebackenen Zellen besteht. Wir nennen diese innere aus Zellen zusammengesetzte Membran die Keimblase, oder noch besser, um Verwechslung mit den Keimbläschen zu vermeiden, die Keimhaut, indem in dieser Zellenausbreitung die ersten Embryonalbildungen sich entwickeln.

Das Ei des Meerschweinchens, welches überhaupt manche sonderbare Eigenthümlichkeiten vor anderen Säugethieren voraus hat, zeichnet sich auch dadurch besonders aus, daß seine äußere Hülle, die Zona, in der Gebärmutter gänzlich verloren geht, so daß das Ei dann nur einen einfachen Zellenkörper darstellt, der mit der Schleimhaut der Gebärmutter selbst verwächst, ohne daß sich eine äußere Hülle um ihn herum bildete.

Von Anfang an, sobald einmal die Keimhaut in der ganzen Peripherie des Eies gebildet ist, erkennt man, daß nicht alle Zellen zur Bildung derselben verwendet wurden, sondern daß an einem gewissen Orte noch Material in dunklen Zellen angehäuft ist, welches einen rundlichen, unbestimmt begränzten Haufen an der inneren Wand der Keimhaut bildet. Während in den abgeplatteten Zellen der Keimhaut die dunklen Körnchen bis auf eine Ringschicht um den Kern verschwunden sind, zeigen sich in dieser Anhäufung die Zellen noch in ihrer ursprünglichen Form als rundliche Blasen, die mit körniger Masse durchaus angefüllt sind, so daß sie noch den ursprünglichen Furchungskugeln in jeder Beziehung weit mehr gleichen, als die hellgewordenen abgeplatteten Zellen der Keimhaut. Die erwähnte Zellenanhäufung, die wir fortan den Fruchthof nennen werden, ist die Bildungsstätte des zukünftigen Embryo. Sie ist der Mittelpunkt, von welchem aus die Bildung des neuen Wesens fortschreitet, und die dort angehäuften Zellen sind das Material,

aus welchem die ersten Formgestaltungen des Embryo sich aufbauen. Alle Neubildungen, welche wir in dem Folgenden beschreiben werden, und aus deren fortschreitender Aufeinanderfolge der Embryo sich zusammensetzt, beginnen zuerst im Fruchthofe, und viele sogar überschreiten denselben nie. Die sonstige, von dem Dotter übrig gebliebene Flüssigkeit, welche innerhalb der Keimblase abgelagert ist und eine gelatinöse dickliche Beschaffenheit zeigt, ist, wie es scheint, nur dazu bestimmt, bei dem Aufbaue des Zellenmaterials hülfreiche Hand zu leisten. Sie wird allmählich bis auf einen kleinen Rest aufgesaugt, während dem sich stets neue Zellenschichten zur Bildung der Organe in dem Fruchthofe ablagern.

Diese successive Anlagerung, dieses Wuchern der Zellenmassen, welche den Körper des Embryo zusammensetzen sollen, zeigt offenbar eine fortschreitende Ausbildung von Außen nach Innen. Die peripherischen Zellen sind stets in ihrem Ganzen weit mehr vorangeschritten, als die nach innen gegen das Centrum des Eies gelegenen, und man kann im Durchschnitt behaupten, daß in der ganzen embryonalen Entwickelung ein Organ oder eine Zellenschicht um so weiter fortgeschritten sei, je näher nach der Peripherie zu sich dieselbe befinde. Betrachtet man diese Tendenz in Bezug auf das Ei in seinem Ganzen, so ergäbe sich daraus das Fortschreiten der bildenden Kraft von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum hin. Allein es ist wohl zu bedenken, daß überhaupt die embryonalen Bildungen ihren Mittelpunkt nicht in dem Inneren des Eies, sondern an der Stelle finden, wo das Keimbläschen im unbefruchteten Eie eingebettet lag, und daß, der früheren Bildung des Eies zufolge, der Dotter excentrisch um diesen Ort der Embryonalbildung herumlag. Für die embryonalen Bildungen ist diese Stelle der Mittelpunkt, von welchem aus sie nach allen Richtungen hin fortschreiten, sowohl gegen das Centrum des Eies hin, als auch strahlenförmig nach allen Richtungen auf der Oberfläche der Keimhautblase. In dem Ei läßt sich somit eine doppelte Bildungsrichtung unterscheiden — die Herstellung des

Materials, welche von Außen nach Innen fortschreitend, stets neue Schichten an den Embryo anlegt — und der Aufbau dieses Materials zu Organen, die von der Embryonalaxe nach der Peripherie hin ausstrahlt. Nicht mit Unrecht kann man deshalb den Embryo einem parasitischen Wesen vergleichen, dessen Keim an einer gewissen Stelle in das Ei eingebracht wurde, und der sich nun von dieser Stelle aus nach allen Seiten hin wuchernd über das Ei ausbreitet, dasselbe in seinem kräftigen Wachsthume umschlingt und allmählich in sich aufnimmt.

Die erste Bildung, welche man in der dunklen Zellenanhäufung des Fruchthofes unterscheiden kann, ist eine Spaltung derselben in zwei concentrisch über einander liegende Zellenanhäufungen. Der Fruchthof besteht alsdann aus einer doppelten Lage von Zellen. Die äußere dieser Lagen, welche die dickere ist, geht an den Rändern unmittelbar in die polyedrischen, abgeplatteten Zellen der Keimhaut über, so daß diese letztere, die in der ganzen Peripherie des Eies aus einer einfachen Zellenlage besteht, in dem Fruchthofe gleichsam schildförmig verdickt erscheint. Die innere Lage von Zellen läßt sich anfangs nur an dem Fruchthofe unterscheiden, bald aber dehnt sie sich aus, wuchert unter der äußeren Keimhautlage fort und überzieht allmählich das ganze Ei, bis sie an dem dem Fruchthofe gegenüber liegenden Pole sich zu einer sackförmigen Blase zusammenschließt. Die Zellen dieser inneren Lage sind dunkler, körniger, als die der äußeren, und ihre Gränze läßt sich sonach ziemlich leicht unterscheiden. Man hat Eier beobachtet, in welchen diese innere Zellenlage nur ein Drittel oder die Hälfte der Kugel bedeckte, während sie an anderen Eiern dieselbe gänzlich umschloß. Sobald diese Umschließung beendigt ist, findet sich demnach die Keimhaut aus zwei ineinander geschachtelten Säcken zusammengesetzt. Man hat diese Säcke unter dem Namen der **Keimblätter** bezeichnet, und zwar hat man das äußere Blatt das **animale** oder **seröse Blatt**, das innere das **vegetative** oder **Schleimblatt** genannt. Das Ei besteht sonach, sobald die Bildung dieser beiden Blätter vollendet ist, aus einer inneren klaren,

zähen Dotterflüssigkeit, welche von drei concentrischen Säcken in Kugelgestalt eingeschlossen wird. Der äußerste dieser Säcke ist eine structurlose feine Membran, die übermäßig ausgedehnte Zona. Die beiden inneren Säcke, die Keimblätter, sind aus Zellenlagen gebildet, welche beide an der Stelle des Fruchthofes verdickt sind, und diese beiden nur sind es, welche an der Bildung des Embryo Antheil nehmen.

Die Entwickelungsgeschichte des Embryo hat erst in der neueren Zeit mit dem Anfange unseres Jahrhunderts diejenige Anerkennung gefunden, welche ihr gebührt. Da man im Anfange die Schwierigkeiten, welche sich der Untersuchung des Säugethiereies entgegenstellen, nicht gehörig zu überwinden verstand, so wählte man das Ei des Vogels und namentlich des Huhns zu den Beobachtungen, weil man durch zweckmäßige Bebrütung sich stets Eier in einem gewissen Stadium der Entwickelung verschaffen konnte. Auch hier erkannte man die Anlage der Keimhaut und ihre Bildung aus mehreren Blättern, und da man zugleich bemerkte, daß jedes dieser Blätter eine besondere Gruppe von Organen des embryonalen Leibes aus sich entwickelte, so stellte man für die einzelnen Blätter allgemeine Schemata auf und behandelte die Entwickelungsgeschichte der Embryonen nach dieser schematischen Grundabtheilung. Die Beobachtung, die seither von allen vorurtheilsfreien Forschern bestätigt wurde, hatte gelehrt, daß die Keimanlage aus zwei Blättern, einem oberen und einem unteren, bestehe. Man überzeugte sich, daß der hauptsächliche Herd der ersten Blutbildung, wie wir später sehen werden, zwischen diesen beiden Blättern sich befinde, und man nahm deshalb an, daß noch ein drittes Blatt, das Gefäßblatt, zwischen dem serösen und dem Schleimblatt sich entwickele und seinen Antheil an der Bildung des Embryo nehme. Aus dem serösen Blatte, sagte man, entwickeln sich die sämmtlichen Organe des animalen Systems: Gehirn und Rückenmark, Skelett, Muskeln und Haut; aus dem Gefäßblatte das Herz mit den Gefäßen und dem Blute; aus dem Schleimblatte endlich

nle vegetativen Organe, nämlich der Darmkanal mit seinen drüsigen Anhängen, den Lungen, der Leber u. s. w.

Um das Verhältniß dieser einzelnen Blätter zu der Lagerung der Organe sich näher zu veranschaulichen, stelle man sich einen Augenblick vor, der Körper des Menschen sei von dem Munde an bis zu der Schambeinfuge durch einen senkrechten, in der Mittellinie geführten Schnitt aufgeschlitzt, und die Höhlen der Brust und des Unterleibes auf diese Weise geöffnet worden. Man stelle sich vor, als sei so mit einem menschlichen Leichnam verfahren worden, wie man einem geschlachteten Thiere den ganzen Leib aufbricht, um die Eingeweide herauszunehmen. Zur Vervollständigung des Bildes endlich nehme man an, daß der so behandelte Leichnam mit der aufgeschnittenen Bauchfläche über eine Kugel hinübergespannt sei, welche von den aufgeschnittenen Rändern der Brust und des Bauches zum Theil umfaßt wird. In welcher Lagerung werden sich nun nach solcher Behandlung des menschlichen Körpers die einzelnen Theile zeigen?

Als äußere Theile werden sich zu erkennen geben der Rückgrat mit dem Kopfe, mit den Gliedern, mit den Muskelmassen und Knochen, welche den Stamm zusammensetzen. Gehirn und Rückenmark erscheinen als die äußersten Organe, nur überdeckt von der Haut, von den Muskeln und den Knochen, welche ihnen zur Umhüllung dienen. Unmittelbar unter dem Rückenmark nach innen gegen die Kugel zu krümmt sich die Wirbelsäule um dieses herum, und als seitliche Ausstrahlungen dieser gekrümmten Axe zeigen sich die Glieder, Arme und Beine. Alle diese Organe entsprechen dem peripherischen Blatte der Keimhaut; sie entstehen aus diesem animalen oder serösen Blatte und zeigen deshalb auch eine äußerliche Lage, sobald man eben den Leib des Erwachsenen in diejenige Lage bringt, welche der Lage des Embryo im Verhältniß zu dem Dotter entspricht. Zwischen den erwähnten Organen und der Kugel, auf welcher wir den Leib ausbreiteten, befinden sich nun die Eingeweide, welche die Höhlen der Brust und des Bauches erfüllen, nach vornhin das Herz in unmittelbarer Berührung der Kugel, und über ihm die Lungen,

Luft- und Speiseröhre, weiter nach hinten hin der Darm mit seinen Drüsen, und darüber zunächst an der Wirbelsäule die Harnorgane und die inneren keimbereitenden Organe des Geschlechtssystems. Alle diese Eingeweide sind zwischen den animalen Organen und der Kugel ausgebreitet. Sie bilden eine Schicht, die im Verhältniß zu den animalen Organen eine innere Schicht ist und somit dem Schleimblatte der Keimhaut entspricht. Man spaltete, den Schematismus allzuweit treibend, diese Schicht von Organen noch in zwei besondere Blätter, indem man das Herz und die Harn- und Geschlechtsorgane mit den längs der Wirbelsäule laufenden großen Gefäßstämmen dem Gefäßblatte, die übrigen Organe dem Schleimblatte zuwies.

Die Präparation und Lagerung des Körpers, welche wir bisher beschrieben, sollte jeder meiner Leser sich wohl veranschaulichen und in das Gedächtniß prägen, da sie ein Bild der embryonalen Lagerung giebt und stets die verschiedenen Verhältnisse klar machen hilft, welche bei der successiven Entwickelung der Organe auftreten. Die Kugel, über welche wir uns den Leib gespannt dachten, soll den Dotter repräsentiren. Die Embryonen aller Wirbelthiere ohne Ausnahme sind mit der Bauchfläche um den Dotter herum gekrümmt, während die Rückenfläche in Beziehung zu der Dotterkugel eine peripherische Lagerung hat. Der Embryo der Wirbelthiere wächst also mit seiner Bauchfläche um den Dotter herum, und je nach der Verschiedenheit der Verhältnisse wird die Dotterkugel bald ganz von den Bauchwandungen umschlossen, bald nur theilweise, und der Rest in Form einer Blase von dem Organismus gleichsam abgezwackt, um als Dottersack außerhalb der Leibeswand liegen zu bleiben. Diese Lagerung des Embryo im Verhältnisse zum Dotter ist nicht dieselbe bei allen Thieren. Bei den Insekten z. B. krümmt sich der Embryo mit der Rückenfläche um den Dotter, und die Bauchfläche ist im Verhältniß zu diesem peripherisch gelagert. Bei den Kopffüßlern oder Dintenfischen liegt der Dotter in der Axe des Körpers, ist kopfständig, während bei den übrigen Thieren ein solcher Gegensatz sich nicht nachweisen läßt.

Man hat eine Abweichung von dieser für die ganze Thier-
reihe charakteristischen Lagerung der Embryonalgebilde im Ver-
hältniß zu dem Dotter bei dem Meerschweinchen finden wollen,
wo nämlich allerdings der Embryo mit dem Rücken gegen eine
Blase gekehrt ist, welche aber von den Beobachtern fälschlich für
die Dotterblase gehalten wurde, während sie doch aus der Ver-
wachsung des ursprünglichen Schleimblattes mit der Uteruswand
hervorgegangen ist. Die scheinbare Ausnahme, welche das
Meerschweinchen macht, beruht nur darauf, daß die später zu
erwähnende Nabelblase sich nicht als Blase ausbildet, sondern
im Anfange mit den von der Gebärmutter ausgehenden Ge-
bilden verwächst und so eine nach allen Seiten herabgebogene
Haube bildet. Im Uebrigen schließen sich die Bauchwandungen
bei dem Meerschweinchen ganz in derselben Weise gegen den
Nabelstrang und die Dottergefäße ab, wie wir dies im Verlaufe
dieses Briefes bei den übrigen Säugethieren und den Menschen
darstellen werden, so daß diese Ausnahme also nur scheinbar,
nicht wirklich ist.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu den Blättern der
Keimhaut zurück, so sehen wir, daß in der neueren Zeit aller-
dings die Existenz zweier getrennter Keimblätter sich vollkommen
bestätigte, während diejenige eines besonderen getrennten Gefäß-
blattes sich nicht vollkommen nachweisen ließ. Selbst da, wo
man dieses letztere darstellen konnte, hatte es nur geringe Aus-
dehnung, beschränkte Dauer, und erwies sich mehr als eine von
dem Schleimblatte abhängige Blutbildungsstätte. Die schemati-
schen Uebertreibungen, womit man diese getrennten Lagen orga-
nischer Zellen, diese Keimblätter, zur Bildung der Organe be-
nutzte, schadeten selbst der Annahme derjenigen Thatsachen, auf
welchen die weit ausgesponnenen Theorieen beruhten. Man be-
handelte diese Blätter, statt ihre Masse nach verschiedenen Rich-
tungen hin wachsen, hie und dort durch neue Zellenanhäufungen
und Anlagerungen vom Dotter her sich vergrößern zu lassen, fast
wie Tücher oder Teppiche, die man auf verschiedene Weise fal-
tete, dehnte und zerrte, um dort eine Drüse, hier eine Röhre,

an einem anderen Orte eine hautartige Umhüllung hervorgehen zu lassen. Solche Uebertreibungen sind bei fortgesetzten Untersuchungen unserer Zeit fremd geworden, und wir erkennen jetzt in den beiden Keimblättern flächenartig ausgebreitete Zellenanhäufungen, welche einerseits die Gruppe der animalen, andererseits diejenige der vegetativen Organe in sich repräsentiren. Diese Organe aber bilden sich aus durch Wachsthum an bestimmten Orten, durch Anhäufung verschiedenartig thätiger Zellen, welche allmählich die Elementartheile so aus sich herausbilden, wie es die Struktur und Gestalt der betreffenden speziellen Organe erheischt. Wenn wir aber dies rege Zellenleben in dem Fruchthofe und der Keimhaut nicht verkennen, so gehen wir damit nicht so weit, die Theilung der Keimhaut in Blätter zu läugnen; Eines schließt das Andere nicht aus und die Theilung der Keimhaut ist jetzt so evident, so unwiderleglich bewiesen, daß ein Läugnen derselben aus theoretischen Gründen eine wahre Absurdität in sich schließt.

Das Ei der Säugethiere befindet sich schon in dem Uterus, sobald die oben beschriebenen Veränderungen damit vorgehen. Es beginnt nun die Einleitung zu einer genaueren Verbindung mit der Gebärmutter selbst, und zwar in der Weise, daß sich auf der äußeren Fläche der so sehr verdünnten Zona eigenthümliche Zotten (Fig. 33, S. 515) bilden, welche in die Zotten und Vertiefungen eingreifen, die an der Schleimhaut des Uterus im normalen Zustande erblickt werden. Man kann sich diese Verbindung etwa so vorstellen, daß die auf der Zona entwickelten Zotten mit denjenigen des Uterus etwa wie Sägezähne oder wie die Finger zweier in einander verschobener Hände in einander greifen und durch klebende Substanz mit einander verbunden sind. Anfangs ist die ganze Oberfläche der Zona mit solchen Zöttchen besetzt, die aber allmählich je nach den verschiedenen Thiergattungen an verschiedenen Stellen bei der zunehmenden Ausdehnung des Eies weiter von einander rücken und verschwinden, während sie an anderen Stellen sich häufen, auswachsen und in innigere Verbindung mit dem Uterus treten. Durch die Gefäße, welche sich in ihnen ent-

wachsen, werden diese Zotten die wahren Ernährungsorgane des Fötus. Bei dem Menschen bleiben sie nur an einer bestimmten, mehr oder minder elliptischen Stelle des Eies stehen, und bilden hier durch Verwachsung mit den vom Uterus ausgehenden Zotten ein festes kuchenartiges Gebilde, den **Mutterkuchen**, die **Placenta** oder **Nachgeburt**. Aus diesem Mutterkuchen entspringen einerseits die Blutgefäße, welche dem Embryo Nährstoffe zuführen, und andererseits finden sich in diesem Gebilde die Einmündungen der Uteringefäße, aus welchen der Fötus seine Nahrung zieht. Wir werden in der Folge dies wichtige Gebilde noch näher betrachten, machen aber aufmerksam, daß es eben aus den Zotten entsteht, deren erste Anfänge auf der Zona überall herum zerstreut sich finden.

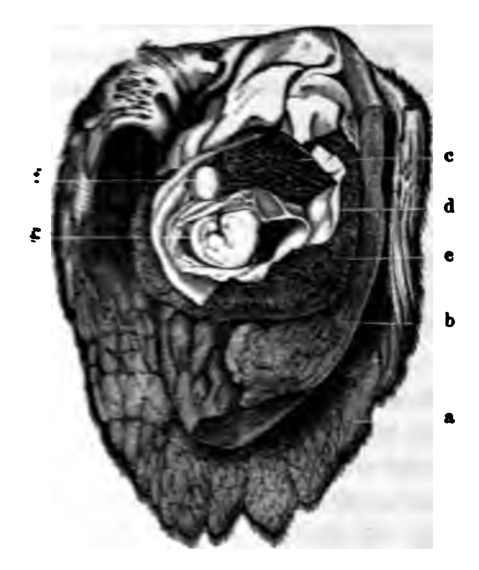


Fig. 34. Ein durch Fehlgeburt abgegangenes menschliches Ei von etwa zwei Monaten. Die hinfällige Haut bildet einen doppelten, abnormer Weise mit Blut unterlaufenen verdickten Sack. In diesem und am oberen Theile mit ihm verwachsen liegt das zottige Chorion, das durch eine zellig-gelatinöse Substanz vom Amnion oder Schafhäutchen getrennt ist. In diesem Raum liegt das Nabelbläschen, das mit seinem Stiele in den Embryo übergeht, der in der geöffneten Höhle des Schafhäutchens eingeschlossen ist.

a. Aeußerer, b. innerer Sack der hinfälligen Haut. c. Mit zelliger Sulze erfüllter Raum zwischen Chorion und Amnion. d. Innere, e. äußere zottige Fläche des Chorion. f. Nabelbläschen. g. Embryo.

Der menschliche Uterus bereitet sich zum Empfange des Eies noch auf eine eigenthümliche Weise vor, welche sich in der Thierwelt nur bei den Affen in derselben Art wiederfindet, während bei den übrigen Säugethieren eigenthümliche Modificationen dieses Bildungsherganges sich zeigen. Es bildet sich nämlich in der inneren Höhle der Gebärmutter eine eigenthümliche Haut von flockigem Aussehen, welche man mit dem Namen der hinfälligen Haut oder der Decidua bezeichnet. Man hat vielfach über die Struktur und Anordnung dieser hinfälligen Haut gestritten, scheint aber endlich in unserer Zeit sich dahin vereinigt zu haben, daß man dieselbe für die innere Schleimhautschicht des Uterus hält, welche mit entzündlich-plastischer Masse sich verbindet, die ihr eigenthümlichen Drüsen stärker entwickelt und da durch jenes weiche netzförmige Aussehen erhält, welches der hinfälligen Haut zukommt. Die Decidua ist auf ihrer äußeren, den Uteruswänden zugekehrten Fläche stets glatt, während ihre innere Fläche zottig und rauh erscheint. Bei genauerer Untersuchung entdeckt man in ihr zahlreiche zarte Blutgefäße und längliche, meist cylindrische Schläuche, die sich auf ihrer Oberfläche in die innere Höhlung öffnen. Offenbar sind diese Schläuche nichts anderes als die sehr entwickelten Drüsenschläuche, welche sich in der inneren Haut des Uterus befinden, bei der nicht schwangeren Gebärmutter aber so klein und unausgebildet sind, daß sich ihre Existenz bei den meisten Thieren kaum mit Bestimmtheit nachweisen läßt.

Die Bildung der Decidua beginnt und vollendet sich in dem Uterus, auch in denjenigen abnormen Fällen, wo das befruchtete Ei nicht bis in die Höhle der Gebärmutter gelangt. Man kennt Fälle, wo das Ei nicht von dem Eileiter aufgenommen wurde, sondern befruchtet in die Bauchhöhle fiel und dort sich entwickelte (sogenannte Bauchschwangerschaften); andere, wo das Ei im Eileiter zurückblieb und sich in diesem ausbildete, ohne bis in den

Uterus verzweigten; in allen diesen Fällen fand man dennoch eine hinfällige Haut in der Höhle des Uterus. Diese ist das Product des entzündlichen Zustandes, in welchen die Gebärmutter durch die Befruchtung versetzt wird; sie ist eine selbstständige Bildung des Uterus, und das Eichen findet bei seiner Ankunft in der Höhle desselben vor der Oeffnung des Eileiters die dort ausgebildete hinfällige Haut, in welche es sich gleichsam einsäet, wie ein Samenkorn in aufgelockertes Erdreich. Das Eichen ist bei der Ankunft in dem Uterus noch außerordentlich klein, indem es, wie wir eben sahen, kaum die Größe eines kleinen Stecknadelkopfes besitzt. Es kann also bei seinem Eintritte in den Uterus wohl schwerlich einen bedeutenden mechanischen Eindruck auf die hinfällige Haut ausüben. Es schlüpft in eine der Falten oder Vertiefungen der weichen, aufgelockerten Schleimhaut, vielleicht auch in eine Drüsenhöhle, bettet sich dort ein und wird von den Wucherungen der hinfälligen Haut auf allen Seiten umgeben, so daß diese eine vollständige neue Hülle um das Ei bildet, die sogar bei denjenigen Säugethieren, bei welchen, wie bei den Meerschweinchen, die Zona verloren geht, in nähere Beziehung zu dem Ei tritt, während sie bei den übrigen Säugethieren und bei dem Menschen durchaus in weiter kein engeres Verhältniß zu den Embryonalbildungen selbst kömmt, sondern nur als Hülle und Einbettung des Ganzen sich erhält, weshalb wir sie auch fernerhin gänzlich außer Acht lassen können.

Das Ei, welches während der Zeit, wo die Keimhaut sich bildet, sicherlich auch beim Menschen nicht größer ist, als ein mäßiger Stecknadelkopf, wächst in den ersten Zeiträumen seines Aufenthaltes in der Gebärmutter noch hauptsächlich durch Endosmose, durch Einsaugung der Flüssigkeit, welche in seinem Umkreise durch die entzündliche Aufregung der Geschlechtstheile in die sulzigweiche Masse der hinfälligen Haut ergossen ist. In den späteren Zeiten aber genügt diese Einsaugung nicht mehr, sondern es wird eine organische Verbindung eingeleitet zwischen dem Ei und der Gebärmutter mittelst der Zotten beider Organe, in welche sich Gefäße hineinbilden. Da wir beabsichtigen,

im Laufe dieses Briefes noch eine kurze Uebersicht der Entwickelung des Eies im Allgemeinen zu geben, so wird es nöthig sein, auf die Bildung des Fruchtkuchens und die Funktion dieses Gebildes etwas näher einzugehen.

Wir sahen oben, daß die Zotten, welche auf der äußeren Oberfläche des Eies sich entwickeln, zwischen diejenigen der Uterinschleimhaut eingreifen, und zwar daß sie bei dem menschlichen Eie nur an einer beschränkten Stelle diese organische Verbindung eingehen. An dieser Stelle ist also anfänglich nur die äußerere Hülle des Eies, die ursprüngliche Zona, welche man jetzt, nachdem sich die Zellen entwickelt haben, das Chorion nennt, an den Uterus befestigt, während die innerhalb des Chorions befindliche Keimhaut durchaus von aller organischen Verbindung mit dem Uterus ledig ist. Nach und nach, während der Embryo sich in später zu beschreibender Weise entwickelt, löst sich eine Schicht von Zellen in hautartiger Ausbreitung auf der ganzen äußeren Fläche der Keimhaut los, verwächst mit der

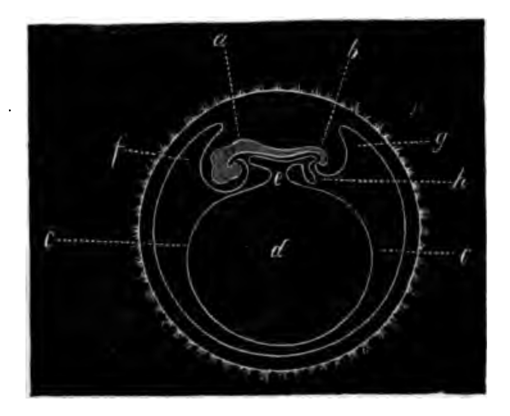


Fig. 35. Schematischer Durchschnitt eines Säugethiereies, um die Bildung der verschiedenen Hüllen zu veranschaulichen. a. Kopftheil. b. Schwanztheil des Embryo's. c. Die Dotterhülle, allmählich zur Nabelblase auswachsend. d. Der Dotter. e. Der Dottergang, der in den Darm des Embryo's überführt und zum Stiel des Nabelbläschens auswächst. f. Vordere, g. hintere Falte des Amnions. h. Der Harnsack. Das Ganze ist vom zottigen Chorion umgeben.

Zona überall und bildet zugleich in höchst merkwürdiger Weise einen ringsgeschlossenen Sack um den Embryo. Dieser Sack, auf dessen Bildung wir später näher eingehen werden, füllt sich mit Flüssigkeit und wird das Amnion oder die Schafhaut genannt. Das äußere Blatt der Keimhaut aber, welches sich eng an die Zona anlegte und sich von der übrigen Dotterkugel entfernte, verwächst vollständig mit der Zona, so daß es mit dieser gemeinsam nur eine einzige dünne Haut darstellt, auf welcher außen die Zotten ansitzen. Bei denjenigen Säugethieren, in deren Eileiter das Ei eine Schicht von Eiweiß umgebildet erhält, verwächst auch dieses mit der Zona, so daß demnach die Zottenhaut, welche das Chorion heißt, aus der Verwachsung des Eiweißes, der Zona und einer von der Keimhaut gelieferten Zellenschicht hervorgegangen ist. Dieser äußere Eisack, das Chorion, die Zottenhaut oder Eihaut (denn alle diese und noch mehr verschiedene Namen trägt diese Haut) ist demnach seiner Entstehung nach ein sehr complicirtes Gebilde, indem ein Theil des ursprünglichen Eies, die Zona, ein von dem mütterlichen Organismus umgebildeter Stoff, das Eiweiß, und endlich eine von der Embryonalanlage herkommende Zellenschicht Antheil an seiner Zusammensetzung nehmen. Die Zotten selbst entstehen aus dem Ansatze eigenthümlicher Molekule, welche auf der äußeren Fläche des Chorions sich niederschlagen. Bei ihrer Bildung scheint die Zellenvegetation keine Rolle zu spielen.

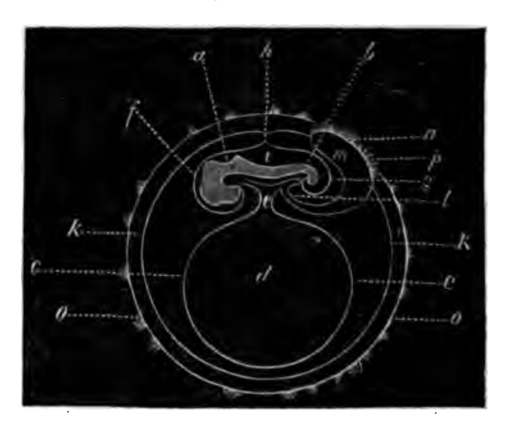


Fig. 36. Schematische Figur, ähnlich der vorigen, nur bei weiterer Ausbildung der Hüllen. a. bis g. haben dieselbe Bedeutung wie in der vorigen Figur. h. Verwachsungsstelle der Amnionsfalten über dem Rücken. i. Innerer Sack der Schafhaut. k. Aeußerer Schafhautsack, der sich an die innere Wand des Chorion o. anlegt und mit ihm verwächst. l. Stiel des Harnsackes. m. Harnsack. n. Zotten des Harnsackes, aus denen sich die Placenta bildet.

Der Embryo bedarf zu seiner weiteren Ausbildung der Zufuhr von Stoffen von der Mutter, und um diese Zufuhr zu bewerkstelligen, bildet sich aus seinem hinteren Theile eine anfänglich doppelte, dann einfache Blase hervor, welche äußerst gefäßreich ist und gegen die Stelle hin vorwächst, wo die Zotten des Chorion zwischen diejenigen der Gebärmutter sich hineingebildet haben. Diese gefäßreiche Blase, die Allantois, der Harnsack oder die Harnhaut genannt, enthält zwei Arterien, welche Blut aus dem Gefäßsysteme des Embryo erhalten. Diese Nabelarterien verzweigen und verästeln sich auf der Oberfläche der Harnhaut, und sammeln sich endlich wieder in eine oder zwei Nabelvenen, welche das Blut in die Hohlvene des Embryo zurückführen. Sobald der Harnsack die Zotten des Chorions erreicht hat, legt er sich an diese an, und nun bilden sich Büschel von Haargefäßen in die einzelnen Zotten hinein. Jede Zotte bildet so gleichsam eine vielfach in sich gewundene Schlinge von Capillargefäßen, durch welche das Blut durchgeht, um aus den Nabelarterien in die Nabelvenen zu gelangen.

Während diese Gefäßschlingen von dem Embryo her sich in die Zotten des Chorions hineinbilden, hat sich auch von Seiten des Uterus das Gefäßsystem bedeutend entwickelt und in die von der Uterinschleimhaut ausgehenden Zotten hineingebildet. Hier indeß scheint sich die Ausbildung der Gefäßkanäle in einigermaßen verschiedener Weise zu gestalten. Die Arterien der Gebärmutter verästeln sich freilich, wie gewöhnlich, in stets feinere Capillargefäße, allein diese Capillargefäße gehen nicht durch allmähliche Erweiterung und Sammlung ihrer Stämmchen in größere Venenzweige über, sondern sie erweitern sich plötzlich zu ziemlich bedeutenden Stämmen, welche die Zotten des Chorion und die

darin befindlichen Büschel von Capillargefäßen von allen Seiten umhüllen. Die schwammige poröse Substanz des Mutterkuchens besteht also ihrer inneren Struktur nach aus den Gefäßbüscheln des Chorions, den arteriellen Gefäßbüscheln der Uterinzotten und den venösen Hohlräumen, in welche diese ihr Blut ergießen, um es sodann durch die Venen der Gebärmutter in die Blutcirkulation der Mutter zurückkehren zu lassen.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß das Blut der Mutter mit demjenigen des Embryo in keinem direkten Zusammenhange steht. Die Blutbahn des Embryo ist überall geschlossen, seine Capillaren bilden in den Zotten der Placenta eben so vollkommen geschlossene Röhren oder Schlingen, wie in allen übrigen Organen. Nicht minder ist die Blutbahn der Mutter durchaus in sich abgeschlossen, und eine Wechselwirkung zwischen dem Blute der Mutter und demjenigen des Embryo ist demnach nur möglich mittelst endosmotischen Austausches durch die Gefäßwände beider Cirkulationssysteme. Es können demnach nur flüssige Stoffe aus dem Blute der Mutter in dasjenige des Embryo oder umgekehrt übergehen, und die Ernährung des Embryo kann nur auf die Weise geschehen, daß ein steter Austausch auf endosmotischem Wege Statt findet. Die Wände aller Gefäße aber, welche sich in der Placenta finden, sind außerordentlich dünn und zart, und durch die vielfache Schlängelung der embryonalen Capillaren, sowie durch die allseitige Umspülung ihrer Büschel, sind alle Bedingungen zu einer äußerst raschen und vollständigen Endosmose gegeben. Wir haben in dem Briefe über die Aufsaugung gesehen, daß möglichste Vergrößerung der Oberfläche und Verlangsamung der Strömung die Endosmose außerordentlich befördern. Beide Momente sind durch die eben beschriebenen Einrichtungen in hohem Grade erzielt. Es kann deshalb keinem Zweifel unterliegen und ist auch durch Versuche bestätigt worden, daß die Stoffe, welche im Blute der Mutter aufgelöst sind, äußerst schnell in dasjenige des Embryo übergehen, und daß der Embryo sämmtliche zu seiner Vergrößerung und Entwickelung nöthigen Stoffe der mütterlichen Blutflüssigkeit entzieht.

Die gesammte Ernährung und Absonderung des Embryo beruht demnach auf der Blutcirkulation in dem Fruchtkuchen. Der Embryo hat keine andere Vermittelung mit der Außenwelt, er kann mit der atmosphärischen Luft weder in Berührung kommen, noch Stoffe von Außen aufnehmen, da er gänzlich von einem mit Flüssigkeit erfüllten Sacke, dem Amnios, umhüllt ist. Seine Ernährung geschieht in ganz analoger Weise, wie die eines jeden Körpergewebes. Wir sahen oben bei der Schilderung der einzelnen Vorgänge der Ernährung, daß sowohl die unbrauchbar gewordenen Stoffe, als auch die Gasarten, welche aus der Umwandlung der organischen Substanz hervorgehen, durch die in den Capillaren Statt findenden endosmotischen Vorgänge in die Blutbahn aufgenommen, innerhalb dieser weggeführt und in den Absonderungsorganen aus derselben wiederum abfiltrirt werden. Der Harnstoff und die Kohlensäure, welche aus der Zersetzung des Muskelfleisches hervorgehen, werden durch das Blut weggeführt, und zum Ersatz dafür Sauerstoff und Proteïnsubstanzen herbeigeführt. Ganz so verhält sich auch der Austausch zwischen dem Blute des Fötus und demjenigen der Mutter, welcher in der Placenta Statt hat. Die durch das Wachsthum und die Ernährung der embryonalen Organe gebildeten unbrauchbaren Stoffe und Gasarten werden in aufgelöstem Zustand durch den Blutstrom der Nabelarterien in die Placenta gebracht, und dort mittelst endosmotischer Strömung gegen die im Blute der Mutter enthaltenen brauchbaren aufgelösten Stoffe und gegen den hergeführten Sauerstoff vertauscht. Wer unsere Darstellung der Ernährung der Körpersubstanzen begriffen und gefaßt hat, der braucht an die Stelle dieser Substanzen nur eine flüssige Substanz, das Blut des Embryo, zu substituiren und die Funktion der Placenta wird ihm völlig klar sein. Der Streit, ob die Placenta ein Organ der Ernährung oder der Respiration sei, beruht demnach auf einer völligen Verkennung aller physiologischen Vorgänge. Sie ist beides, ein Organ des Austausches nämlich für alle Stoffe, welche, seien sie

nun gasförmig oder flüssig, in dem Blute des Embryo einerseits und demjenigen der Mutter anderseits aufgelöst sind.

Der Harnsack, durch welchen die Nabelgefäße zu den Zotten des Chorion geleitet werden, und der deshalb ein äußerst wichtiges Gebilde für den Embryo ist, verliert bei den Menschen sehr bald seine blasenförmige Beschaffenheit und verwandelt sich in einen sulzigen festen Strang, welcher sich auf eine eigenthümliche Weise windet, die Nabelgefäße in sich enthält und der Nabelstrang genannt wird. Durchschneidet man den Nabelstrang eines menschlichen Embryo in die Quere, so sieht man, daß derselbe aus einer gelatinösen Substanz gebildet ist, in der man die Lumina dreier durchschnittener Gefäße, der beiden Nabelarterien und der meist einfachen Nabelvene, erblickt. Durchschneidet man aber den Nabelstrang eines Thieres, so sieht man außer diesen drei Gefäßöffnungen noch in der Mitte des Stranges einen Kanal, der nicht mit Blut, sondern mit einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt und nichts anderes als der hohle Stiel des Harnsackes ist. Bei den meisten Thieren nämlich bleibt der Harnsack während des ganzen Embryonallebens als Blase bestehen, und je nach den einzelnen Ordnungen der Säugethiere entwickelt diese Blase sich mehr oder minder bedeutend. Bei den Nagern, den Kaninchen und Hasen bildet der Harnsack eine mehr oder minder flaschenförmige Blase, welche etwa in

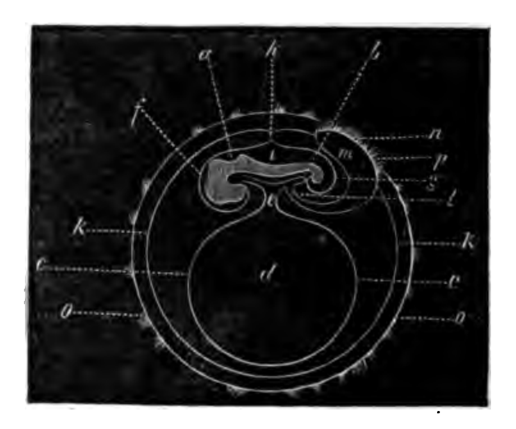


Fig. 37. Schematische Figur, den Durchschnitt eines Säugethiereies darstellend. a. Kopftheil. b. Schwanztheil des Embryo's. c. Nabelblase oder Dotterblase. d. Inhalt derselben, Dotter. e. Dottergang, vom Dotter in den Darm führend. f. Vorderer Theil des Amnios, Kopfkappe. g. Hinterer Theil desselben, Schwanzkappe. h. Verbindungsstelle des Amnios. i. Höhle des Amnios, den Embryo umgebend und mit dem Schafwasser gefüllt. k. Aeußere Falte des Amnios, mit dem Chorion o. verwachsend. l. Stiel des Harnsackes. m. Höhle des Harnsackes, mit Flüssigkeit gefüllt. n. p. Mutterkuchen, aus den Gefäßzotten des Harnsackes und denen der Gebärmutter gebildet.

dem verhältnißmäßigen Umfange bleibt, den der Harnsack bei dem menschlichen Embryo in der frühesten Zeit erhält. Deshalb haben diese Thiere auch wie der Mensch eine einfache kuchenförmige Placenta, die sich an der Stelle entwickelt, wo der birnförmige Harnsack sich an das Chorion anlegt. Bei den Hunden und Katzen wächst der Harnsack viel bedeutender aus, er wuchert an der inneren Fläche des Chorion von rechts nach links herum, so daß er mit seinem Ende den Ausgangspunkt wieder erreicht und so um das spindelförmige, nach oben und unten hin zugespitzte Ei einen Gürtel bildet, in dessen Bereich die Zotten überall in den röhrenförmigen Uterus sich hineinbilden und so eine ringförmige Placenta erzeugen. Der Harnsack bildet bei diesen Thieren also schon den größten Theil des Eies. Noch weiter geht seine Entwickelung bei den Schafen, Rindern und Pferden. Hier wächst der Harnsack so bedeutend aus, daß er in kurzer Zeit nicht nur den ganzen inneren Raum des Chorion erfüllt, sondern sogar baldigst an beiden Polen die Eihaut sprengt und über dieselbe hinauswächst, so daß das Ei eine halbmondförmige Gestalt hat und zwei lange gekrümmte Hörner nach oben und unten hin ausschickt. Die Zotten und Gefäßbüschel stehen dann bei diesen Thieren auf der ganzen Oberfläche des Eies herum zerstreut und bilden nicht einen zusammenhängenden Kuchen, sondern einzelne Haufen, welche in entsprechende Stellen der Uterinfläche eingreifen und Kotyledonen genannt werden.

Die Literatur der Entwickelungsgeschichte ist angefüllt mit Streitigkeiten über die Existenz eines Harnsackes bei dem Men-

schen, die indeß jetzt durch sichere Beobachtungen an sehr jungen Embryonen vollständig dahin geschlichtet sind, daß man mit Bestimmtheit einen Harnsack nachgewiesen hat, welcher sich an der Stelle der Placenta anlegt, nachher aber sehr bald obliterirt und zu einem soliden Strange zusammenschrumpft. Der menschliche Embryo entbehrt deshalb durchaus derjenigen Hülle, welche bei den Thieren von dem Harnsacke aus geliefert wird.

Eine ähnliche vorübergehende Rolle spielt in dem menschlichen Eie ein anderes blasenartiges Gebilde, welches man unter dem Namen der Nabelblase kennt. Um die Entwickelung dieses Theiles zu verstehen, muß man sich in das Gedächtniß zurückrufen, daß die Keimhaut oder Keimblase aus zwei Blättern besteht, welche die Dotterflüssigkeit einschließen, und daß das innerste dieser Blätter, das Schleimblatt, welches unmittelbar mit der Dotterflüssigkeit in Berührung steht, zur Bildung des Darmes bestimmt ist. Man muß sich ferner erinnern, daß nur der verdickte Theil der Keimhaut, welchen wir den Fruchthof nannten, zur Bildung des embryonalen Leibes verwandt wird. Man kann daher mit vollem Rechte behaupten, daß die ursprüngliche Anlage des Darmes weiter nichts sei, als eine schildförmige Ausbreitung auf der Oberfläche der Dotterblase. Damit hieraus die Röhre des Darmes werde, muß sich diese schildförmige Ausbreitung allmählich von den Seiten her umkrempen und eine Halbrinne bilden, deren Ränder nach und nach verwachsen. Dies geschieht auch in der That. Die zur Bildung des Darmes bestimmte Masse erhebt sich, krempt sich gegen den Dotter hin um, bildet auf diese Weise eine in der Längsaxe des Körpers liegende, gegen den Dotter hin offene Rinne, deren Ränder sich von vornen und hinten her gegen die Mitte hin zur Röhre zusammenschließen. Es bleibt demnach auf diese Weise ein großer Theil der Dotterflüssigkeit mit dem sie umhüllenden Schleimblatte der Keimhaut als Blase zurück, welche anfangs durch eine weite, in der Längsrichtung verlaufende Spalte, später durch einen offenen Kanal mit dem Darme in Verbindung steht. Dieser Kanal mündet etwa in der Mitte des Darmes in den Dünn-

darm ein. Er ist anfangs sehr kurz und weit offen, allein je mehr die Bauchwände des Embryo's sich in der Mittellinie schließen, desto mehr verlängert sich der Stiel der Nabelblase, der mit den Nabelgefäßen und dem Stiele des Harnsackes aus dem Körper des Embryo durch die Nabelöffnung hervortritt, um gegen die Peripherie des Eies hin sich bläschenförmig zu erweitern. Bei manchen Thieren, wie z. B. den Kaninchen, bleibt dieser Gang der Nabelblase sehr lange offen und die Blase selbst zeigt während des ganzen Lebens des Embryo eine ziemlich bedeutende Größe und ist durch ihre Gefäße für die Ernährung des Fötus wichtig. Bei dem Menschen zieht sich der Stiel der Blase sehr lang aus, schließt sich aber sehr bald und verschwindet gänzlich in dem Nabelstrange, eben so wie die Nabelblase selbst, ohne daß in den meisten Fällen eine Spur davon zurückbleibt. Wenn ich daher oben sagte, daß der Nabelstrang außer den Gefäßen auch noch den solid gewordenen Stiel des Harnsackes enthalte, so hatte ich damit seine Zusammensetzung noch nicht vollständig bezeichnet, indem er außerdem noch den verschrumpften Stiel der Nabelblase in sich schließt. Wollten wir den Nabelstrang in Gedanken so wiederherstellen, wie er sein müßte, wenn diese verschiedenen Gebilde nicht zusammengeschrumpft und geschlossen wären, so müßten wir in ihm außer den drei Gefäßen auch noch zwei hohle Kanäle finden, deren einer dem Harnsacke, der andere der Nabelblase angehörte.

Der Embryo des Menschen entbehrt demnach mehrere Hüllen, aus bläschenartigen Gebilden hervorgegangen, welche bei den Thieren sich finden, und besitzt dagegen eine von dem Uterus aus gelieferte äußere Hülle, die früher erwähnte hinfällige Haut, welche den meisten Thieren fehlt. Untersucht man die Bildung des Eies in dem Leichname einer Schwangeren, die schon in vorgerücktem Zeitpunkte der Schwangerschaft gestorben ist, so findet man den Embryo von folgenden Hüllen eingeschlossen. Zunächst längs der Wände des Uterus findet man die zusammengedrückte, theilweise selbst durch Auffaugung wieder vernichtete hinfällige Haut, die an dem Ansatzpunkte der Placenta unter-



Fig 38. Durchschnitt einer Gebärmutter mit der reifen Frucht. a. Wandung der Gebärmutter b. Durchschnitt der Harnblase. c. Scheide. d. Raum zwischen Gebärmutter und Mastdarm. e. Bauchwandung. f. g Aeußeres und inneres Blatt der hinfälligen Haut. h. Gränze zwischen Uterruszotten und Placentarzotten. i. Mutterkuchen. k. Chorion. l. Amnios. m. Eiweißartige Flüssigkeit zwischen beiden. n. o. Umgeschlagenes Blatt des Amnios, den Mutterkuchen auf seiner inneren Fläche überziehend. p Nabelstrang. q. Höhle des Amnios, vom Schafwasser ausgefüllt. r. Embryo.

brechen ist. Auf diese nach innen hin folgt das Chorion, welches in die Placenta selbst übergeht und innerhalb dieser nicht isolirt werden kann. Unmittelbar an dem Chorion und von diesem kaum durch eine geringe Schicht eiweißartigen Stoffes getrennt, liegt eine dritte Hülle, die Schafhaut oder das Amnios, welche eine bedeutende Masse von Flüssigkeit, das Schafwasser oder Fruchtwasser, enthält. Dieses letztere ist wesentlich seiner Zusammensetzung nach eine Auflösung von Eiweiß und Kochsalz in Wasser, die im Beginne der Schwangerschaft concentrirter ist, als in späteren Zeiten. In dieser Flüssigkeit schwimmt der Embryo ganz frei, einzig aufgehängt mit der Bauchfläche an dem Nabelstrange, der von dem Nabel aus nach dem Frucht-

kuchen sich hinzieht. Die äußere Haut des Embryo setzt sich an dem Nabel in verdünntem Zustande auf dem Nabelstrange fort und bildet so für diesen eine häutige Scheide, die an der inneren Oberfläche des Fruchtkuchens unmittelbar in das Amnios übergeht. Dieses bildet demnach einen vollkommen geschlossenen Sack um den Embryo, der ringsum von der Flüssigkeit des Schafwassers umspült wird. Bei der Geburt wird der Sack der Schafhaut zersprengt und durch den Riß des Chorion und des Amnios tritt der Embryo heraus.

Die Bildung und Entstehung der Schafhaut läßt sich kaum ohne Beihülfe schematischer Figuren anschaulich machen und gehört überhaupt zu den schwierigsten Punkten in der Entwickelungsgeschichte. Erst die neuesten Untersuchungen an Embryonen aus frühester Zeit haben diese Entstehungsgeschichte unwiderleglich aufgeklärt und bewiesen, daß der vollkommen geschlossene Sack der Schafhaut durch eine merkwürdige Faltung des peripherischen, serösen Blattes der Keimhaut entstanden sei.

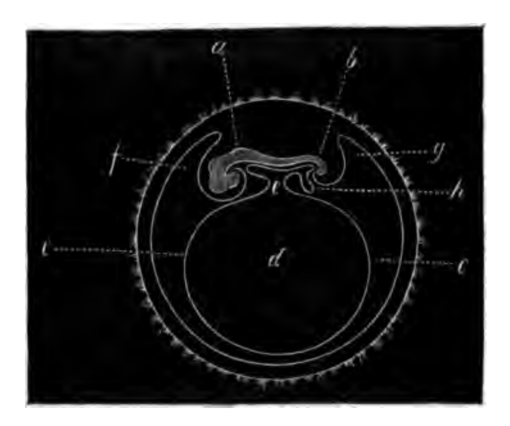


Fig. 39. Schematischer Durchschnitt eines Säugethiereies, um die Bildung der verschiedenen Hüllen zu veranschaulichen. a. Kopftheil. b. Schwanztheil des Embryo's. c. Die Dotterhülle, allmählich zur Nabelblase auswachsend. d. Der Dotter. e. Der Dottergang, der in den Darm des Embryo's überführt und zum Stiel des Nabelbläschens auswächst. f. Vordere, g. hintere Falte des Amnions. h. Der Harnsack. Das Ganze ist vom zottigen Chorion umgeben.

Man erinnert sich, daß dieses Blatt im Anfange überall unmittelbar der inneren Fläche des Chorion anlag. Es verwächst nun mit dieser inneren Fläche des Chorion überall an der ganzen Peripherie des Eies, ausgenommen an derjenigen Stelle, wo sich der Fruchthof, also der werdende Embryo, befindet. Während sich nun der Embryo entwickelt, entfernt er sich von dem Chorion und zieht dadurch eine Falte des serösen Blattes nach sich, die sich mehr und mehr ausbildet. Wir haben gesehen, daß die außerperipherische Fläche des Fruchthofes der Rückenfläche des Embryo entspricht. Der werdende Embryo liegt also mit seiner Rückenfläche anfänglich hart der inneren Fläche des Chorion an. Je mehr er sich aber von derselben entfernt, desto größer wird die Falte, die von dem serösen Blatte der Keimhaut gebildet wird. Der Embryo ist sonach in dieser Falte gleichsam aufgehängt wie ein Gegenstand, den man flach auf einem Tuche trägt. Nach und nach, je mehr sich der Embryo von dem Chorion entfernt, bildet sich auch die flache Falte zu einem vollständigen Sacke aus, und der Embryo hängt nun darin, wie in einem Tuch, das man oben zusammengefaßt hat, und dessen Zipfel man ringsum an das Chorion angewachsen denken muß. Der so gebildete Beutel, welcher anfangs in der Rückengegend noch gegen das Chorion hin offen ist, schließt sich allmählich vollständig durch

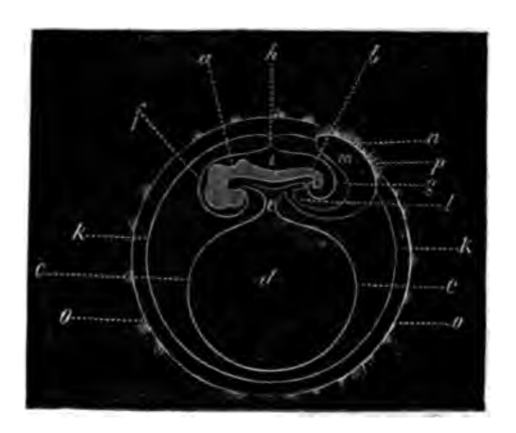


Fig. 40. Schematische Figur, ähnlich der vorigen, nur bei weiterer Ausbildung der Hüllen. a. bis g. haben dieselbe Bedeutung wie in der vorigen Figur. h. Verwachsungsstelle der Amnionsfalten über dem Rücken. i. Innerer Sack der Schafhaut. k. Aeußerer Schafhautsack, der sich an die innere Wand des Chorion o. anlegt und mit ihm verwächst. l. Stiel des Harnsackes. m. Harnsack. n. Zotten des Harnsackes, aus denen sich die Placenta bildet.

Verwachsung seiner Ränder und bildet auf diese Weise den geschlossenen Sack der Schafhaut. Diese liegt anfangs dem Embryo überall ziemlich enge an, vergrößert sich aber schnell, indem sie sich mit Flüssigkeit füllt, und stellt so allmählich den weiten Sack her, in dessen Flüssigkeit der Embryo schwimmt.

Es hält außerordentlich schwer, sich diese Bildungsweise der Schafhaut zu veranschaulichen, es mag indeß noch auf folgende Weise gelingen : Man stelle sich vor, die äußere Haut des Erwachsenen, Statt an dem Nabel geschlossen zu sein, gehe von hier aus in eine gewaltig große Blase über, die an dem Nabel befestigt wäre. Legt man nun den menschlichen Körper mit seiner Bauchfläche auf diese Blase, die hinlänglich groß sein muß, um den Körper nach allen Seiten hin zu überragen, so wird die Blase ringsum an ihrem Rande eine Falte bilden, an welcher die dem Körper zugekehrte Hälfte der Blase in die peripherische Fläche übergeht. Man denke sich nun, daß diese Blase groß genug sei, um auf dem Rücken über den Kopf und die Beine hinüber zusammengefaßt werden zu können. Näht man nun die so zusammengefaßte Blase über dem Rücken zusammen, so wird der Mensch in einem doppelten Sacke eingeschlossen sein, dessen Zusammenheftungsstelle der Mitte des Rückens entspricht. Der äußere dieser Säcke entspricht dem äußeren Blatte der Keimhaut. Man schneide diesen äußeren Sack weg (die Natur entfernt ihn durch Verwachsung mit dem Chorion), und es wird der innere Sack, die Schafhaut, übrig bleiben. Man kann die eben beschriebenen Verhältnisse plastisch ausführen, indem man eine zugebundene Schweinsblase nimmt, den Körper des Embryo durch irgend einen festen Gegenstand, etwa ein Kreuzerbrödchen, versinnlicht

und nun verfährt, wie wir oben angaben. Es giebt kein besseres Mittel, um sich den Vorgang in der Natur, wie es durch Beobachtungen nachgewiesen ist, anschaulich zu machen, wie es denn überhaupt zum richtigen Verständniß der Entwickelungsgeschichte stets solcher plastischer Versuche bedarf, die weit mehr begreiflich machen, als die besten Figuren thun können.

Dreiundzwanzigster Brief.

Der Embryo, seine Uranlagen und sein Nervensystem.

Wir verließen das Ei in dem Momente, wo an einem bestimmten Punkte desselben sich der länglich runde Fruchthof oder Embryonalfleck gebildet hat. Die Zusammensetzung dieses Embryonalfleckes aus gehäuften Zellen, welche in zwei Blätter getheilt werden können, ein äußeres, das seröse Blatt, und ein inneres, das Schleimblatt, wurde ebenfalls schon besprochen. Die erste Anlage des Embryo zeigt sich nun mitten in diesem Fruchthofe in Gestalt eines länglich eiförmigen erhabenen **Schildchens**, in welchem die Zellenmasse mehr zusammengedrängt ist, als in der Umgebung, weshalb es dunkler erscheint. Bei der Bildung dieses Schildchens ist einzig und allein das seröse Blatt der Keimhaut interessirt; das vegetative Schleimblatt nimmt an seiner Bildung durchaus nicht den mindesten Antheil. An demjenigen Ende, welches die nachfolgende Entwickelung des Embryo's als das vordere erkennen läßt, ist dieses Schildchen breiter als nach hinten zu; seine Umgränzung ist nicht sehr scharf, sondern verliert sich in der umgebenden Zellenmasse des Fruchthofes. Offenbar beruht die Erhebung dieses Schildchens nur auf der stärkeren Wucherung und Vermehrung der Zellenmassen, welche das seröse Blatt des Fruchthofes zusammensetzen und zur Bildung der Embryonalanlage sich um eine Längsaxe zu gruppiren beginnen.

Kaum hat sich dieses Schildchen deutlicher erhoben und abgegränzt, so zeigt sich in seiner mittleren Längsaxe ein heller

durchsichtiger schmaler Streifen, welcher vorn und hinten in geringer Entfernung von dem Rande des Schildchens aufhört und sich als eine seichte Rinne zu erkennen giebt, die nur dadurch heller erscheint, daß das Zellenmaterial zu beiden Seiten in dem Schildchen stärker angehäuft ist, als in der Rinne selbst. Während nun diese **Primitivrinne** sich allmählich tiefer eingräbt, genauer nach oben und unten begränzt und ihre Ränder zugleich sich wulstförmig erheben, zieht sich das Schildchen von allen Seiten her gegen die Rinne stärker zusammen, wird zusehends länglicher und schnürt sich in der Mitte etwas ein, während zugleich seine beiden Enden breiter erscheinen. Das Schildchen zeigt sich so bald nach dem ersten Erscheinen der Primitivrinne in Gestalt einer länglichen Erhabenheit, welche in dem Durchmesser des fast kreisförmigen Fruchthofes liegt, die Form eines Biscuit oder einer Schuhsohle hat, und auf ihrer oberen Fläche durch einen Riß bis in eine gewisse Tiefe gespalten ist. Diese Spalte, die **Primitivrinne** oder **Rückenfurche**, ist an ihren

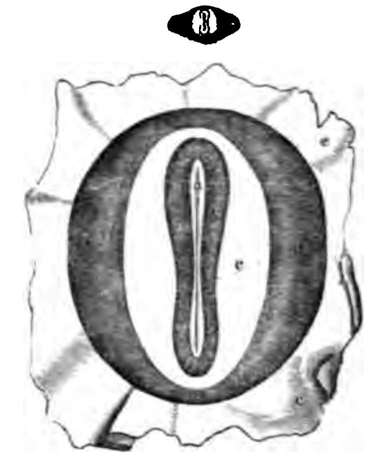


Fig. 41. Ein Hundeei mit der ersten schuhsohlenförmigen Anlage des Embryo's. Oben das Ei in natürlicher Größe, darunter die Embryonalanlage, stärker vergrößert. Die Primitivrinne mit der Rükkensaite sind angelegt; die Embryonalanlage (Rückenplatten) erst von einem hellen Hofe (Bauchplatten), dann von einem dunklen, dem Fruchthofe, umgeben.

a. Primitivrinne. b. Rückenplatten. c. Heller Hof. d. Dunkler Fruchthof. e. Haut der Keimblase.

beiden Enden etwas breiter als in der Mitte, so daß sie durchaus die Gestalt des biscuitförmigen Schildchens nachahmt. Wir können das Schildchen nun schon mit dem Namen des Embryo bezeichnen, dessen Körper es in der That entspricht, und können

somit feststellen, daß die erste Anlage des Embryo des Menschen, sowie aller Wirbelthiere ohne Ausnahme, aus einer länglichen Erhabenheit in Biscuitform besteht, auf deren Rückenfläche in der Längsaxe eine Rinne eingegraben ist, welche aufgewulstete Ränder besitzt. Kein anderer Embryo aus dem Reiche der wirbellosen Thiere zeigt diese ursprüngliche Gestalt, während alle Wirbelthier-Embryonen bei ihrem ersten Auftreten durchaus auf ähnliche Weise gebildet sind, und dadurch bethätigen, daß sie Alle einem und demselben Organisationsplane angehören.

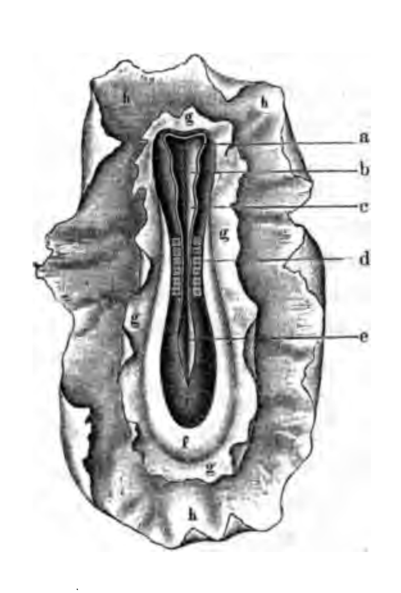


Fig. 42. Die Embryonalanlage in einem Hundeei, etwa 20 Tage nach der Befruchtung. Der über die Keimblase mit der Bauchfläche hingebogene, werdende Embryo ist losgelöst und mit den ihn umgebenden Häuten flach ausgebreitet worden, daß man ihn vom Rücken aus sieht. Die Primitivrinne klafft noch weit auseinander — sie ist überall mit einem hellen Streifen umgeben, der ersten Ablagerung von Substanz an den Wänden der Rinne. In der Tiefe der Rinne sieht man die Rückensaite als dunkleren Streifen. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn — alle drei noch in Gestalt von Ausbuchtungen der Primitivrinne. e. Lanzettförmige hintere Erweiterung der Primitivrinne. (Rhombische Bucht, sinus rhomboidalis.) d. Feste Anlagen der Wirbelkörper. f. Peripherischer Theil des Embryo (Bauchplatten), in deren Umkreis das animale Blatt g. und das vegetative Blatt h. mit einander zusammengeheftet sind. i. Körper des Embryo (Rückenplatten).

Sobald die Primitivrinne einmal angelegt ist, erweitert sie sich besonders an ihrem vorderen Ende und bildet hier mehrere

seitliche Aussackungen, deren man ursprünglich drei zählt. Auch in dem hinteren Theile erweitert sich die Rinne ein wenig, so daß sie hier eine lanzettförmige Gestalt erhält. Sobald die vorderen Ausbuchtungen und die hintere lanzettförmige Erweiterung der Rinne sich ausgebildet haben, bildet sich auch auf dem Boden und längs den Rändern der Rinne eine dünne, zarte Schicht glasheller Substanz, welche durch ihre Durchsichtigkeit auffallend von der dunkleren Masse der wulstigen Ränder absticht. Diese helle Substanz, welche, wie gesagt, nur in dünner Schicht die Rinne auskleidet, ist die Uranlage des centralen Nervensystems. Es ist also das Centralnervensystem, das Gehirn und Rückenmark, welches sich zuerst auf dem Boden einer auf der Rückenfläche offenen Rinne differenzirt. Die Wülste, welche diese Rinne umgeben, entsprechen den noch ungeschiedenen Hüllen des Central-Nervensystems, den Knochen, Muskeln und übrigen Gebilden, welche den ganzen Körper mit Ausschluß der Eingeweide zusammensetzen. Das Central-Nervensystem ist demnach das erste unter allen Organen des Körpers, welches sich in bestimmter Form darstellt, und es giebt sich sonach als das wichtigste primärste Organ des Wirbelthieres überhaupt zu erkennen. Ehe wir seine weitere Entwickelung genauer verfolgen, wird es geeignet sein, überhaupt einige Bemerkungen über die Art und Weise, wie die einzelnen Organe des Leibes sich bilden, hier einzustreuen.

Wir haben gesehen, daß der Fruchthof ursprünglich nur eine einzige Zellenanhäufung darbot, die sich später in zwei Blätter spaltete, ein äußeres für die animalen, ein inneres für die vegetativen Organe. Wir sahen ferner, daß das erste dieser Blätter anfangs eine homogene Zellenmasse darstellte, welche, in bestimmten Richtungen fortwuchernd, die Formanlage einer Rinne bildete, und daß in dieser Rinne nun die erste Anlage eines differenten Organes, des Central-Nervensystemes, sich entwickelte, die sich durch eine eigenthümliche Struktur ihrer Bildungsmasse von den Zellen in der Umgebung unterschied, welche noch ihre durchaus homogene Zusammensetzung beibehielten. Was

an dem Nervensysteme geschieht, zeigt sich überall bei dem Entstehen der ersten Anlagen anderer Organe. Es erscheinen stets zuerst ganz allgemeine Gesammtanlagen für ganze Gruppen von Organen, welche sich aus der indifferenten Bildungsmasse hervorbilden, und diese Gesammtanlagen theilen sich wieder durch Differenzirung ihrer Elemente in die Anlagen der einzelnen Organe. Die Entwickelung des Embryo schreitet demnach nicht in der Art fort, daß ein bestimmtes Organ zuerst sich ausbildete, dann ein anderes, dann ein drittes u. s. w.; daß also ein einzelnes Organ gleichsam den Mittelpunkt darstellte, um welchen dann die anderen Organe nach und nach sich gruppirten und so den Organismus vervollständigten. Es werden im Gegentheile allgemeine, ganze Organgruppen zusammenfassende Uranlagen gebildet, und diese nach und nach stets mehr und mehr gesondert und in einzelne Organe zerlegt. Das Ei bildet gleichsam den aufgelösten Embryo; — man kann es vergleichen mit einer Auflösung verschiedenartiger Salze, die man durch Krystallisation zu trennen sucht. Wenn auch die Auflösbarkeit dieser einzelnen Salze verschieden ist, so weiß doch der Chemiker gar wohl, daß namentlich diejenigen, welche sich in diesem Punkte näher stehen, vereinigt sich ausscheiden, daß ein Salz das andere mit zu Boden reißt. Erst durch wiederholtes Umkrystallisiren und Reinigen kann man diese Gruppen gemeinschaftlich niedergefallener Substanzen in die einzelnen Salze trennen, welche sie Anfangs zusammen enthielten. Ganz so verhält sich auch die embryonale Entwickelung. Sie bildet erst Gruppen von Organen in unbestimmter Form, welche durch keinen Unterschied ihrer elementaren Bestandtheile sich in einzelne heterogene Organe trennen lassen. Nach und nach tritt dieser Unterschied in den elementaren Zellen auf. Sie bilden sich aus je nach der eigenthümlichen Natur des Organes, welchem sie angehören sollen, und mit dieser Ausbildung der Elementarbestandtheile geht auch diejenige der äußeren Form Hand in Hand, bis endlich das ganze Organ nach äußerer Form und innerer Struktur so ausgebildet ist, wie wir es in dem Erwachsenen antreffen.

Es ist deshalb thöricht und zeigt von einer gänzlichen Unkenntniß der Gesetze der Entwickelung, wenn man über die Bedeutung der Gesammtanlagen, welche in dem Embryo auftreten, sich abquält und dieselben einem oder dem anderen bestimmten Organe vindiciren will. Man hat endlose Streitigkeiten geführt über die Bedeutung der Primitivrinne, welche sich zuerst in der Uranlage des Embryo's zeigt. Die Einen behaupteten, diese hohle, mit Flüssigkeit gefüllte Rinne sei die Uranlage des Nervensystems, und die Wülste, welche sie begränzen, entsprächen den Hüllen des centralen Nervensystems; — die Anderen glaubten, die Wülste entsprächen der centralen Nervensubstanz selbst und stellten deren Uranlagen dar. Keines von beiden ist richtig. So lange noch die dünne Schicht von Nervensubstanz sich nicht auf den Boden der Rinne differenzirt hat, entsprechen eben die homogenen Wülste mit dem Schildchen, in welches sie nach den Seiten hin ohne bestimmte Demarkationslinie übergehen, allen Organen des animalen Systemes ohne Ausnahme, und so wie zuerst die Nervensubstanz aus dieser Gesammtanlage sich ausscheidet, so differenziren sich später aus derselben die Knochen, die Muskeln, die äußere Haut u. s. w.

Betrachten wir nun die Entwickelung des Central-Nervensystemes im Zusammenhange, so ist es vor allen Dingen nöthig, uns wohl die Gestalt desselben bei seinem ersten Auftreten in das Gedächtniß zurückzurufen. Es bildet eine dünne homogene Schicht, die den Boden einer an der Rückenfläche offenen Rinne auskleidet, an deren vorderem Ende drei seitliche Ausbuchtungen zu bemerken sind, während hinten eine lanzenförmige Erweiterung sich zeigt. Derjenige Theil des Central-Nervensystemes, welcher, wenn man sich den Menschen auf dem Bauche liegend denkt, dem Boden des Wirbel- und Schädelrohres anliegt, zeigt sich demnach zuerst in der Anlage. Dieser Theil aber ist, wie wir früher sahen, der Hirnstamm, der bewegende und empfindende Theil des Central-Nervensystemes, von welchem die peripherischen Nerven entspringen. Der Hirnstamm zeigt sich also in seiner ersten Anlage vor allen anderen Organen des Körpers, nament-

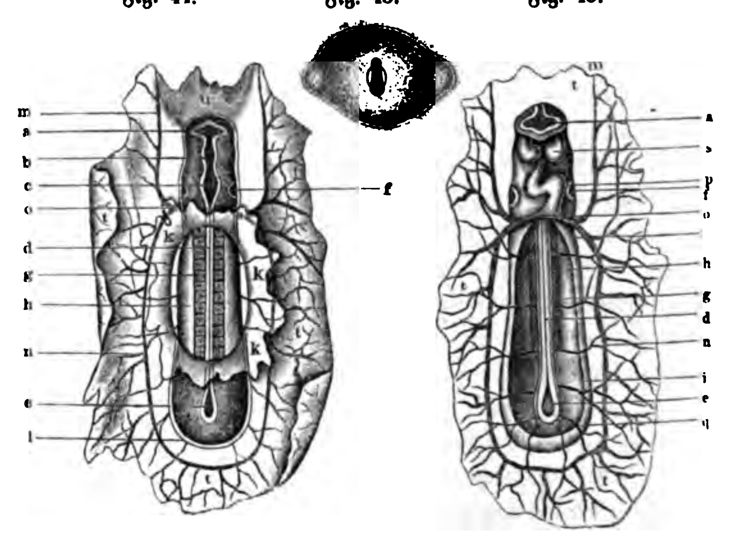
lich vor den Nerven, die noch nirgends in der umgebenden Masse des Körpers differenzirt sind. Diese besteht noch durchaus aus vollkommen homogenen Zellen, in welchen die genaueste Beobachtung keinen Unterschied zu erkennen vermag. Die Ausbuchtungen, welche man an dem Kopfende der Rinne bemerkt, und die ebenfalls ihrem Boden entlang mit einer solchen dünnen Schicht von Nervensubstanz ausgekleidet sind, entsprechen den späteren Hauptabtheilungen des Gehirnes, der mittlere engere Theil der Rinne dem Rückenmark, und seine hintere Erweiterung einer eigenthümlichen Spaltung des Rückenmarkes in der Lendengegend, die bald verschwindet, bei manchen Thieren aber, z. B. den Vögeln, sich bleibend erhält und auch zuweilen bei neugeborenen Kindern abnorm entwickelt in Form eines wasserhaltigen Sackes an der angegebenen Stelle sich findet.

Die erste Tendenz der Bildung in dem Central-Nervensysteme geht dahin, die Rinne zuzuwölben und zu einer Röhre zu schließen, welche ringsum von Nervensubstanz ausgekleidet ist. Man beobachtet, wie zu diesem Endzwecke die Wülste, welche die Rinne und ihre Ausbuchtungen begränzen, sich erheben und allmählich, gleich den Bogentheilen eines Tunnels, den man zuwölbt, von beiden Seiten nach der Mittellinie hin gegen einander streben. Die Wülste bestehen dann noch gänzlich aus gleichartigen Zellen, und in gleichem Maße, wie dieses Mauerwerk von Zellen sich überwölbt und in der Mittellinie schließt, wölben sich auch im Inneren die Ränder der Nervensubstanz einander entgegen und schließen sich an den meisten Stellen ebenfalls in der Mittellinie zusammen. Während dieses Vorganges verschwindet schon die hintere linsenförmige Ausweitung der Rinne so ziemlich. Dagegen erhalten sich die vorderen Kopfausbuchtungen, und verwandeln sich durch die Ueberwölbung in Blasen. Nur an einer einzigen Stelle, nämlich in dem Nacken, da wo wir bei dem Erwachsenen das verlängerte Mark sehen, wölbt sich die Nervensubstanz nicht zu einer Röhre zusammen, sondern behält hier die ursprüngliche Gestalt einer Hohlkehle,

die nach oben offen ist. Die Wülste, welche sich später in die Hüllen und Bedeckungen des centralen Nervensystemes verwandeln, wölben sich indeß auch an dieser Stelle zu einem vollständigen förmlichen Schlusse, so daß die weitere Ausbildung des Central-Nervensystemes in einem durchaus geschlossenen Rohre Statt hat, welches vornen drei primitive Gehirnblasen erkennen läßt.

Das vorderste Ende der Primitivrinne erscheint bei dem ersten Auftreten der seitlichen Ausbuchtungen leicht nach innen eingedrückt, so daß die vorderste Hirnblase gleichsam die Gestalt eines Kartenherzes hat, dessen eingeschnittene Seite nach vorn, die Spitze nach hinten schaut, während die beiden Flügel seitlich sich ausdehnen. Diese vordere Ausbuchtung bleibt aber nicht lange; sie verstreicht sich, wölbt sich allmählich im Bogen nach vorn hervor und bildet bald eine hervorspringende Ecke, welche sich von den seitlichen Flügeln der Blase mehr und mehr abschnürt. Je weiter diese Abschnürung vorschreitet, desto mehr bildet sich auch diese vorspringende Ecke aus. Sie wird allmählich zu einer blasenförmigen Vorragung, die sich endlich in

Fig. 44. Fig. 43. Fig. 45.



Ein Hundeei von etwa 23 Tagen in natürlicher Größe. Man unterscheidet deutlich die äußere Eihaut (Chorion), dicht mit Zotten besetzt, und die innere, aus den Embryonalblättern gebildete Eiblase. In der Mitte sieht man den Embryo, welchen die Figuren 44 und 45 zehnmal vergrößert vom Rücken und vom Bauche her darstellen. Das Hirn und Rückenmarksrohr sind bis auf die Hirnblasen und die hintere Rhombenbucht geschlossen; die Kopfbeuge bildet sich aus, so daß schon das Kopfende des Embryo's mit den beginnenden Augenbuchten gegen die Bauchseite eingebogen ist. Die Ohrbläschen sind angelegt; das Amnios ist von allen Seiten her über den Embryo hergewachsen, aber über der Mitte des Rükkens noch offen, so daß hier ein ovaler Raum ist, wo der Rücken frei liegt; das Herz und der erste Kreislauf, so wie der erste Kiemenbogen sind ausgebildet; die Bauchplatten noch nicht geschlossen, sondern noch weit offen, so daß der hintere Theil des Embryo, von der Bauchseite aus, einer seichten Wanne ähnlich sieht. Die Buchstaben sind für beide Figuren gleich.

a. Vorderhirn mit den beiden seitlichen Augenbuchten. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn. d. Rückenmark. e. Rhombenbucht. f. Ohrbläschen. g. Wirbelkörper. h. Rückenplatten. i. Umgekrempter Rand derselben, zum Schluß der Bauchwände. k. Das rundum abgerissene Amnios, noch offen über dem Rücken. l. Die den Embryo umgebende Falte des Amnios. m. Vordere Dottervene. n. Hintere Dottervene, mit der von der entgegengesetzten Seite einen Kranz bildend. o. Große hintere Herzvene, in der sich beide Venen vereinigen und so in den Sförmig gewundenen Herzschlauch p. eintreten. q. Hintere Wirbelarterien, die Dotterarterien abgebend. s. Der erste Kiemenbogen, der sich später zum Unterkiefer ausbildet. t. Das vegetative Blatt. u. Vorderer Eindruck desselben, durch die Kopfbeuge verursacht.

der Mittellinie mehr und mehr einschneidet und so zwei seitliche Hälften darstellt, welche mit großer Schnelligkeit sich bedeutend ausdehnen und zwei vordere Blasen bilden, die übermäßig wachsen und über die anderen Hirnblasen hinüberwuchern. Diese beiden vorderen Blasen bilden das Vorderhirn, sie entwickeln sich zu den Hemisphären des großen Gehirns. Das Vorderhirn ist demnach in den primitiven Ausbuchtungen der Rinne in den drei primitiven Hirnblasen gar nicht enthalten, sondern es entwickelt sich erst nach der Anlage derselben aus dem anfänglich eingedrückten vorderen Ende der Nervenröhre, welches zwischen den beiden seitlichen Flügeln der vordersten Hirnblase hervorsproßt.

Dieses vordere Paar seitlicher Flügel mit dem sie verbindenden Mittelstücke, die erste primitive Gehirnblase, nennen wir das *Zwischenhirn* oder *Sehhirn*, weil aus ihm die Augen hervorsprossen. Je mehr nämlich die Bildung der Nervensubstanz fortschreitet, desto mehr schnüren die seitlichen Flügel oder Ausbuchtungen dieser Blase, indem sie zugleich seitlich sich ausdehnen, von dem Mittelstücke sich ab, und stellen sich bald als zwei runde Säcke dar, deren jeder durch eine kurze weite Röhre mit dem Mittelstücke in Verbindung steht. Diese beiden seitlichen gestielten Säcke sind die Rudimente der *Augen*, die man oft die *Augenbuchten* nennt, und der hohle Stiel, welcher jede dieser Augenbuchten mit dem Mittelstücke verbindet, ist der ursprüngliche *Sehnerv*. Die mittlere Blase, in welcher diese Sehnerven münden, wölbt sich zu einem unpaaren, anfänglich röhrenartigen Theile zusammen, in welchem sich später die *Sehhügel* entwickeln. Die zweite primitive Hirnblase erfährt nie eine solche Ausbildung, wie die erste, sondern bleibt stets auf einer mäßigen Stufe der Entwickelung stehen. Indem sie sich in der Mittellinie zusammenwölbt und an der Vereinigungsstelle bedeutend einsenkt, entstehen die *Vierhügel*, deren wir schon früher bei der Behandlung der Funktionen des Nervensystemes gedachten.

Die dritte primitive Hirnblase endlich kann füglich in zwei Theile getheilt werden. In dem vorderen Theile, der *Hinterhirn-* oder *Kleinhirnblase*, wölbt sich die Nervensubstanz vollständig zusammen und läßt so das *kleine Gehirn* entstehen, während in der *Nachhirnblase* die Nervensubstanz nur auf dem Boden wuchert, sich aber nicht zu Gewölbtheilen erhebt.

Ehe ich auf die Ausbildung der einzelnen Theile des Gehirnes näher eingehe, muß ich hier auf einen Unterschied aufmerksam machen, der zwischen der hier angegebenen Darstellung und derjenigen Statt hat, welche in den meisten Handbüchern und Monographieen sich findet. Man betrachtet nämlich dort die drei primitiven Hirnblasen als die Repräsentanten des Vorderhirns, des Mittelhirns und des Nachhirns, und behauptet demnach, daß

sich die erste dieser primitiven Hirnblasen in die Hemisphären des großen Gehirns umbilde, während die zweite Hirnblase sich der Querke nach theile, und ihre vordere Hälfte die Sehhügel, ihre hintere die vier Hügel bilde. Auch ich huldigte früher dieser Ansicht, mußte aber bei fortgesetztem Nachforschen erkennen, daß sie eine falsche sei. Es hält nicht schwer, sich von der Richtigkeit der hier angegebenen Darstellung durch eine einfache Schlußfolgerung und Vergleichung der von anderen gelieferten Thatsachen und Abbildungen zu überzeugen. Alle genaueren Beobachter nämlich stimmen darin überein, daß das vordere Paar seitlicher Ausbuchtungen in seiner weiteren Entwickelung die Rudimente der Augen bilde, und daß diese Rudimente durch hohle Stiele noch lange mit dem Hirnraume, aus welchem sie entstanden, zusammenhängen. Dies sind Thatsachen, von welchen sich jeder durch Untersuchung junger, kaum angelegter Embryonen leicht überzeugen kann. Eben so leicht ist es aber auch bei etwas älteren Embryonen nachzuweisen, daß die noch hohlen Sehnerven nicht in die blasenförmigen Hemisphären des großen Gehirnes, sondern vielmehr in den dahinter gelegenen Theil, die Sehhügelblase, einmünden. Wenn man also nicht annehmen will, daß die Augenrudimente Anfangs von der Hemisphärenblase sich abgeschnürt hätten, daß aber dann ihre Stiele von vorn nach hinten in die zweite Hirnblase gewandert seien; wenn man dies nicht annehmen will, so wird man sich genöthigt sehen, mehr Aufmerksamkeit dem unpaaren Theile zu schenken, welcher zwischen dem ersten Paar primitiver Hirnblasen sich hervorwulstet, und wird dann in diesem anfänglich nach innen eingebuchteten Theil die Bildungsstätte der Großhirnhemisphären erkennen. Zwar mag es auf den ersten Blick auffallend erscheinen, daß ein so bedeutender Theil, der seiner Masse nach den größten Theil des ganzen Gehirnes ausmacht, in der Uranlage nur in äußerst unbedeutender Weise repräsentirt sei. Wenn man aber bedenkt, daß gerade die Hemisphären des großen Gehirnes bei den niederen Wirbelthieren, den Fischen, nur höchst unbedeutend entwickelt sind, aber rasch an Größe bei den höheren Thieren zu-

nehmen, so klärt sich diese anscheinend abnorme Erscheinung in durchaus befriedigender Weise auf.

Bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen bilden sich während der Entwickelung des Gehirnes zwei äußerst merkwürdige Einknickungen aus, die bei den niederen Wirbelthieren nur schwach angedeutet sind. Beim Beginne seiner Entwickelung krümmt sich nämlich der Embryo gleichmäßig im Bogen um die Kugel des Eies herum, und es bedarf nur der Ablösung von demselben, um ihn völlig horizontal und platt auf seine Bauchseite ausbreiten zu können. Sobald aber die primitiven Hirnblasen ausgebildet sind, ändert sich dieses Verhältniß. Der Embryo beugt sich mit seinem Kopfe, dessen Unterfläche von der



Fig. 46. Ein etwa 26 Tage alter Hundeembryo, fünfmal vergrößert, von der Seite gesehen.

a. Vorderhirn. b. Zwischenhirn. c. Mittelhirn. d'. kleines Gehirn. d. Nachhirn. e. Auge. f. Ohrbläschen, durch einen Stiel (Hörnerven) mit dem Nachhirn zusammenhängend. g. Oberkiefer. h. Unterkiefer (erster Kiemenbogen). i. Zweiter Kiemenbogen. k. Rechte Vorkammer des Herzens. l. Linke Kammer. m. Rechte Kammer. n. Aortenstiel. o. Leber. p. Herzbeutel. q. Darmschlinge, in welche das Nabelbläschen s. mit seinem Stiele r. einmündet. t. Allantois. u. Amnios. v. Vordere Extremität. w. Hintere Extremität. x. Wirbelsäule. y. Schwanz. z. Nase. 1. Kopfbeuge. 2. Nackenbeuge.

Peripherie des Eies sich losgelöst hat, nach innen gegen dasselbe ein und knickt den vorderen Theil des Kopfes gegen die Brust hin nieder. Diese Einknickung findet sich an der Stelle der Gränze zwischen dem Mittelhirne und dem Nachhirne, und ist so bedeutend, daß sie mehr als einen rechten Winkel beträgt. Die Basis des Nachhirnes und diejenige des Mittelhirnes, welche uranfänglich in gleicher Ebene lagen, sind, sobald die Kopfbeugung den höchsten Grad erreicht hat, nur durch einen schmalen Sporn von Zwischensubstanz von einander getrennt. Man hat diese Einknickung die Kopfbeuge genannt; ihr entspricht an der Außenfläche eine höckerartige Vorragung; das Mittelhirn behauptet gerade die Spitze dieses Kopfhöckers.



Eine zweite Beugung, die zwar nicht so scharf ist, als die vorige, aber dennoch fast einen rechten Winkel beträgt, zeigt sich bei dem Uebergange des Rückenmarkes in das Nachhirn. Auch diese Beugung, die man unter dem Namen der Nackenbeuge und des Nackenhöckers kennt, ist den höheren Wirbelthieren eigenthümlich, indem sie bei den niederen nur angedeutet ist. Sobald die Kopfbeuge und die Nackenbeuge sich vollständig entwickelt haben, kann man den vorderen Theil des Embryo's in seiner Gestalt sich nicht besser versinnlichen, als wenn man den Finger, den Zeigefinger z. B., so stark wie möglich in seinen zwei vorderen Gliedern beugt; die Beugefläche des Fingers entspricht dann der Bauchfläche des Embryo: das erste Gelenk der Kopfbeuge, das zweite Gelenk der Nackenbeuge und das Handglied des Fingers dem Leibe des Embryo.

Diese beiden Einknickungen sind nicht etwa vorübergehender Art, so daß sich der Embryo leicht auf einer horizontalen Unterlage gerade legen ließe. Sie sind vielmehr auf tiefwurzelnden organischen Verhältnissen begründet, und zwar hauptsächlich auf der Ausbildung der festeren Theile des Skeletts, über welche die Hirntheile hinauswuchern. Durch die Existenz dieser beiden Einknickungen, welche das Studium der an der Bauchfläche des Halses gelegenen Theile sehr erschweren, theilen sich die Embryonen der Wirbelthiere in zwei große Abtheilungen. In der

einen dieser Abtheilungen, zu welcher die Säugethiere, die Vögel und die beschuppten Reptilien gehören, sieht man eine starke Kopf- und Nackenbeuge; man findet bei diesen Embryonen die Entwickelung eines Amnios, zur Umhüllung des Embryo, und ferner diejenige einer Allantois oder eines Harnsackes, zur Ausbildung ernährender Gefäße für den Fötus. In der zweiten großen Abtheilung, derjenigen der niederen Wirbelthiere, bei den Fischen und nackten Amphibien, sind Kopf- und Nackenbeuge nur sehr unbedeutend entwickelt und kaum angedeutet, zugleich fehlt die von dem Embryo ausgebildete Hülle oder Schafhaut und nicht minder der Harnsack vollkommen. Wie leicht einzusehen, ist durch diese Unterschiede ein sehr verschiedener Plan der embryonalen Entwickelung angedeutet, und es rechtfertigt sich dadurch vollkommen die Ansicht derjenigen Naturforscher, welche in dem Wirbelthierreiche nicht vier, sondern fünf Klassen annehmen, und die beschuppten Reptilien oder die Schildkröten, Schlangen und Eidechsen, von den nackten Amphibien, den Fröschen und Molchen trennen. Es ist hier nicht der Ort, weiter auf die Verhältnisse einzugehen, die äußerst interessant sind, sowohl für die Entwickelung des Embryo im Allgemeinen, als auch in Beziehung auf die Schlüsse, welche man daraus für die Zoologie entnehmen kann.

Verfolgen wir noch kurz die Entwickelung der einzelnen Hirntheile, so ist vor Allem darauf aufmerksam zu machen, daß die Anlage und Ausbildung der festeren Nervensubstanz hauptsächlich von dem Boden und den Seitentheilen her geschieht, und so die ursprünglich ungemein großen Höhlen der verschiedenen Gehirnblasen nach und nach ausgefüllt und auf dasjenige geringe Verhältniß reducirt werden, welches sie in dem Erwachsenen behaupten. Es erscheinen demzufolge die festen Theile der Gehirnsubstanz anfänglich nur in Gestalt äußerst dünner blättchenartiger Schichten, welche den Boden, die Wände und die Decken der Hirnblasen überkleiben, und deren große Weichheit und Zartheit der Untersuchung viele Hindernisse entgegenstellen. Diese werden im Anfange einigermaßen aufgewogen durch die glashelle

Durchsichtigkeit, welche die Nervensubstanz sowohl, als auch die sie umgebenden noch indifferenten Zellenmassen besitzen. Später aber, wenn theils die Hüllen des Schädels und die Wirbelsäule undurchsichtiger und dunkler geworden sind, theils auch die Nervensubstanz sich selbst in größerer Masse angehäuft und dadurch ihre Durchsichtigkeit verloren hat, später, sage ich, ist diese Zartheit der Substanz, ihr Zerfließen gleichsam unter ihrem eigenen Drucke, ein wesentliches Hinderniß der Untersuchung. Wir kennen deshalb auch weit besser die Bildungen des Gehirns in den ersten Zeiten, als wir nachher von der Ausbildung dieser ersten Anlagen uns Rechenschaft zu geben wissen.

Die Hemisphären des großen Gehirns bilden sich, wie schon bemerkt, aus der vorderen unpaaren Endigung des primitiven Nervenrohres, die nach und nach zu einer blasenartigen Erhebung anschwillt. Die Entwickelung der Nervensubstanz schreitet anfänglich hauptsächlich nach hinten hin fort und bewirkt dadurch die zunehmende Sonderung dieses Theiles von den Augenbuchten, die anfänglich nur unvollständig abgetrennt sind. Während nun die Gewölbtheile in der Mitte zusammenwachsen, bildet sich hier eine Einsenkung, wodurch die ursprünglich einfache Hemisphärenblase in zwei Hälften zerlegt wird, die anfänglich noch durch eine gemeinschaftliche Höhle mit einander verbunden sind. Die Wucherung der Nervenmasse ist nun namentlich in den Hemisphären äußerst bedeutend. Diese dehnen sich immer mehr nach hinten aus, wuchern über das Zwischenhirn, dann über das Mittelhirn seitlich weg und überdecken diese beiden Hirnblasen so, daß sie endlich mit an dem Hinterhirn anstoßen. Anfänglich findet diese Ueberwölbung der mittleren Hirntheile durch die Hemisphären nur mehr seitlich Statt, so daß man bei der Ansicht des Gehirnes von oben das Mittelhirn noch in der Mittellinie erblicken kann, während später bekanntlich dieses nicht mehr der Fall ist. Der vordere Theil des Mittelhirnes, die Sehhügel, werden bei dem menschlichen Embryo gegen das Ende des dritten Monates, der hintere Theil oder die vier Hügel etwa in dem fünften Monate überwölbt, und gegen das

Ende des siebenten Monates überragen die Hemisphären schon das kleine Gehirn eben so vollständig, wie im Erwachsenen. Eine Folge dieser außerordentlich raschen Entwickelung der Gewölbtheile der Hemisphären ist die Kräuselung ihrer Oberfläche und die Zusammenfaltung derselben, so daß jene Windungen der Oberfläche entstehen, die um so mehr an Zahl und Tiefe abnehmen, je weiter wir in die Reihe der Säugethiere zurückgehen. Die Windungen bilden sich erst gegen das Ende der Schwangerschaft vollständig aus, und sind offenbar theilweise dadurch bedingt, daß das Gehirn stärker wächst, als die es einschließende Kapsel des Schädels. Während diese Wucherung der Gewölbtheile Statt findet, vermehrt sich auch die Nervenmasse auf dem Boden an den Seiten und an der gewölbten Decke der Hemisphärenhöhle mit großer Schnelligkeit. Die Falte, welche beide Hemisphären von einander trennte, senkt sich immer tiefer hinab, und bildet endlich eine Scheidewand, wodurch die ursprünglich einfache Hirnhöhle in zwei seitliche Höhlen getrennt wird. Auf dem Boden dieser seitlichen Höhlen erheben sich nun zwei ursprünglich bohnenförmige Anschwemmungen, die Rudimente der gestreiften Körper oder der Streifenhügel, und der Raum, welcher zwischen dieser und der Hemisphärendecke übrig bleibt, wird endlich so verringert, daß die Nervensubstanz sich fast durchaus berührt, und die Hirnhöhlen im normalen Zustande bei dem Erwachsenen kaum einen Theelöffel voll Flüssigkeit enthalten können. Es geht somit aus der Entwickelungsgeschichte der Hemisphären hervor, daß die Streifenhügel wesentlich zum Hirnstamme der Hemisphären gehören, daß sie eine Wucherung, eine specielle Entwickelung des Bodens der Hemisphärenblase bilden, und daß sie niemals außerhalb dieser Hemisphärenblase gesucht oder gefunden werden können.

Die Entwickelung des Mittelhirnes ist in jeder Beziehung weit einfacher, als diejenige des Vorderhirnes, und namentlich ist die Ausbildung der Gewölbtheile hier durch die Wucherung der Hemisphären bedeutend beschränkt. Betrachtet man den Hergang der Entwickelung des Zwischenhirnes genauer, so zeigt

es sich, daß dasselbe gar nicht gewölbartig sich schließt, sondern daß nur der Hirnstamm an dieser Stelle stärker wuchernd vom Boden aus den Raum ausfüllt, welchen ihm die Hemisphären übrig lassen. Die ursprüngliche Höhle bleibt deshalb in Form einer Spalte bestehen, in welche man offen von oben hineinschauen würde, wenn nicht die Hemisphären dieselben überwölbten. Zu beiden Seiten dieser Spalte liegen die Sehhügel, welche sich demnach als wesentliche Theile des Hirnstammes zu erkennen geben.

Complicirter Art sind die Bildungen, welche außer den Sehhügeln auf dem Boden, oder vielmehr an der Unterfläche des Zwischenhirnes sich entwickeln und dort den Hirntrichter mit dem Hirnanhange ausbilden. Der Hirntrichter selbst ist eine Aussackung dieses Bodens der Zwischenhirnhöhle, welche unmittelbar vor dem Ende der Axe des knöchernen Skelettes, der Wirbelsaite oder Chorda, sich gegen die Mundhöhle hinabsenkt. Man muß hier bedenken, daß bei jüngeren Embryonen, wo diese Aussackung des Hirntrichters sich bildet, die Nasenhöhle mit ihren hinteren Gängen noch nicht gebildet ist, und daß demnach das Dach der Mundhöhle zugleich den Boden bildet, auf welchem die Basis des Gehirnes aufruht. Man denke sich den knöchernen Gaumen weggebrochen, dadurch die Mund- und Nasenhöhle in eine einzige geräumige Höhle verwandelt, und man wird etwa eine Anschauung dieser Verhältnisse haben. Indem nun der Boden des Zwischenhirnes sich ein wenig nach unten einsenkt, kommt ihm eine Aussackung des Daches der Mundhöhle entgegen, die sich mehr und mehr erhebt, und so endlich einen Beutel bildet, dessen Grund nach oben, gegen das Gehirn, schaut, während von unten her, von der Mundhöhle aus, ein offenes Loch in die Höhle dieses Beutels führt. Dieses Loch schließt sich allmählich; der Beutel schnürt sich ab, verwächst mit der trichterförmigen Aussackung, welche ihm von dem Gehirne aus entgegenkam, und bildet so den Hirnanhang, welchen man bei dem Erwachsenen an der Basis des Gehirnes unmittelbar hinter der Kreuzung der Sehnerven sieht. Der Hirnanhang ist demnach

kein ursprünglicher Theil des Gehirnes, sondern eine Produktion des Daches der Mundhöhle, welche sich von diesem ablöst, und mit der ihm entgegenkommenden Basis des Hirntrichters verwächst.

Außerordentlich einfach sind die Umwandlungen, welche das eigentliche Mittelhirn, oder die Vierhügelblase erfährt. Der Ansatz der Nervensubstanz geschieht fast gleichmäßig von allen Seiten, so daß die ursprüngliche Höhle in einen feinen Kanal umgewandelt wird, welcher in der Mittellinie zwischen den vier Hügeln sich hinzieht, die eigentlich nur eine einzige, durch eine oberflächliche, kreuzförmige Einsenkung geschiedene Masse bilden.

In der Zelle des Hinterhirnes bleibt die Ueberwölbung der nur durch Hüllensubstanz geschlossenen Röhre anfangs lange zurück, bis endlich an dem vorderen Theile die Nervenmasse von den Seiten und von oben her sich zusammenwölbt, und so eine Lamelle darstellt, welche senkrecht auf dem Hirnstamme aufsitzt und, von der Seite gesehen, wie ein gerader Pfeiler aussieht. Dieser Pfeiler, die erste Anlage des kleinen Gehirnes, wächst nun zuerst hauptsächlich nach hinten hin aus, und zwar nur in seiner oberen Partie, so daß er, von der Seite gesehen, wie ein dicker, kurzer, gekrümmter Haken erscheint. Allmählich legt sich nun dieser Haken bei stetem Fortwachsen über die auf dem Boden der Nachhirnblase angesammelte Nervenmasse herüber, die sich nie zuwölbt, und bedeckt diese etwa in ähnlicher Art, wie die Hemisphären des großen Gehirnes das Mittelhirn bedecken. Während auf diese Weise das kleine Gehirn in seinem mittleren Theile sich ausbildet und auch nach den Seiten hin auswuchert, um seine Hemisphären zu bilden, wächst auch zugleich die Nervensubstanz in dem Stamme des Hinterhirnes und des Nachhirnes, und bildet dort jene verschiedenen Stränge, grauen Knoten und queren Fasermassen, welche die Anatomen unter dem Namen der Brücke, der Oliven und der Pyramiden kennen.

Die Ausbildung des Rückenmarkes in seiner ganzen Länge ist äußerst einfach. Die ursprüngliche Nervensubstanz zeigt hier die Gestalt einer dünnen Hohlkehle, die von dem Boden aus

nach den Seiten wuchert, sich allmählich mehr und mehr verdickt, endlich sich zuwölbt, und zuletzt, nachdem die innere Höhlung sich fast vollständig geschlossen hat, auch oben längs der Mittellinie zusammenwächst. In Folge dieser Schließung bleibt noch am längsten in der Mitte des Rückenmarkes ein feiner Axenkanal übrig, der indessen auch noch vor der Geburt des Embryo mit Nervensubstanz erfüllt wird.

Die Entwickelung der Elemente des Nervensystemes ist je nach der Natur dieser Elemente selbst verschieden. Die Nervenzellen, mögen sie nun in dem Gehirne oder in den Ganglien vorkommen, sind stets nur direkte Umwandlungen von Embryonalzellen, welche in Fortsätze auswachsen, die sich mit den Nervenröhren verbinden. Diese entstehen in den peripherischen Nerven aus spindelförmigen kernhaltigen Zellen, die sich zu blassen, platten Röhren verbinden, welche anfangs grau erscheinen, dann aber nach und nach dunklere Ränder erhalten und das fettige Mark, sowie den Axencylinder erkennen lassen. Die Nervenendigungen endlich entstehen aus spindelförmigen oder sternförmigen Zellen, die in höchst feine, blasse, verästelte Fäserchen auslaufen, welche mit einander ein weitmaschiges Netz bilden. Diese Fasern verdicken sich allmählich, und sobald sie auf einen gewissen Grad der Dicke angelangt sind, differenzirt sich ihre Masse in der Weise, daß man in ihrem Inneren eine zwar dünne, aber doch dunkelrandige Primitivröhre sieht. Da diese Differenzirung von dem Centrum nach der Peripherie hin fortschreitet, so sieht es gerade so aus, als wüchse die Primitivröhre in die blasse embryonale Faser hinein. Dies ist indeß um so weniger der Fall, als auch in solchen Organen, bei welchen durch Mißbildung eine Trennung vom Gehirne und Rückenmarke Statt findet und bei Embryonen, denen das Centralnervensystem gänzlich fehlt, dennoch in den peripherischen Organen sich Nerven bilden.

[illegible]zwanzigster Brief.

Die Sinnesorgane.

Die Entwicklung der drei hauptsächlichsten Sinnesorgane des Kopfes, des Auges, des Ohres und der Nase, steht in bestimmten Beziehungen zu derjenigen des Gehirnes, und es zeigt sich hier eine gewisse Abänderung in diesen Beziehungen, welche gewiß nicht ohne Bedeutung für den Werth dieser einzelnen Organe ist. Die Uranlage des Auges ist ursprünglich ein Theil des Gehirnes selbst, und die äußeren Theile, welche das Auge zusammensetzen helfen, treten erst später zu dieser Uranlage hinzu. Das Ohr zeigt sich bald nach dem Auge; — seine Uranlage ist im Anfange isolirt und tritt erst in späterer Zeit, wenn gleich auch immer ziemlich früh, mit dem Centralnervensysteme in Verbindung. Die Nase endlich entwickelt sich erst viel später, als die beiden anderen Sinnesorgane, und tritt auch nur sehr spät durch die Riechnerven in Verbindung mit dem Gehirne.

Was nun zuerst das Auge betrifft, so haben wir gesehen, daß die Uranlagen der beiden Augen in den seitlichen Ausbuchtungen der ersten primitiven Hirnblase, der Zwischenhirnblase, gegeben sind. Die Beobachtung bestätigt demnach keineswegs die Annahme, welche man aufgestellt hat, daß die Augen aus einem einzigen unpaaren Rudimente entständen, welches sich bei fortschreitender Entwicklung in zwei Hälften trenne, deren jede sich zu einem Auge entwickle. Man glaubte durch diese Annahme die Mißgeburten erklären zu können, welche man unter dem

Namen der Cyclopen bezeichnet, und wo, Statt zwei seitlicher, nur ein einziges mittleres Auge existirt. Es kann indeß keinem Zweifel unterliegen, daß diese Ansicht eine falsche ist, da die Beobachtungen unwiderleglich darthun, daß die zwei ursprünglichen Rudimente der Augen seitlich in Form blasenförmiger Ausbuchtungen auftreten.

Die seitliche Blase, welche das Urrudiment des Auges darstellt, überwölbt sich von allen Seiten her schon früh mit Nervensubstanz, und hat nun die Gestalt einer hohlen Birne, deren Stiel in das Zwischengehirn einmündet. Die Blase selbst ist mit Flüssigkeit gefüllt, welche mit derjenigen in der Hirnhöhle durch den hohlen Stiel communicirt. Da diese Flüssigkeit durchaus wasserklar, die Nervensubstanz aber ebenfalls sehr durchsichtig ist, so erblickt man in diesem frühen Entwickelungsstadium die Augen bei der Seitenlage des Embryo als zwei sehr helle Doppelringe, deren Mitte wie ein rundes Loch erscheint. Die birnförmigen Blasen drängen nun bei fortschreitender Entwickelung, zumal da die Hemisphären sich zwischen ihnen wölben, mehr und mehr nach Außen hin. Ihr hohler Stiel, der zukünftige Sehnerv, verlängert sich mehr und mehr, und so kommt es denn, daß wir bei den jungen Embryonen die Augen ganz seitlich an dem Kopfe, etwa wie bei einem Rinde, gestellt sehen. Die Augen besitzen zugleich schon bei ihrem ersten Auftreten eine verhältnißmäßig ungeheuere Größe, so daß schon mancher Anfänger in der Entwickelungsgeschichte sie bei den ersten Embryonen, welche ihm unter die Hand fielen, verkannt haben mag.

Die hohle Blase, welche das ursprüngliche Augenrudiment bildet, entspricht keineswegs dem ganzen Auge, sondern einzig nur der Nervensubstanz desselben, nämlich der Netzhaut und dem Sehnerven. Die Augenblasen sind in Folge ihres Hervordrängens nach Außen an der Peripherie nur von einer dünnen Schicht embryonaler Substanz überzogen, während an dem Grunde einer jeden Blase, zwischen ihr und dem Gehirne, in der Umgebung des hohlen Sehnervens eine größere Masse von Bildungsmaterial angehäuft ist. Man kann also füglich behaupten, daß

bald nach dem ersten Auftreten der Augenblasen dieselben hart an der äußeren Haut anliegen, welche darüber continuirlich weggeht, und daß zu dieser Zeit keine andern Augentheile existiren, als die blasenförmige Netzhaut, die unmittelbar an der äußeren Haut anliegt.

Das nächste Organ, welches sich nun bildet, ist die Linse mit ihrer Kapsel. In der Mitte der zarten Zellenhaut nämlich, welche die Augenblase als Fortsetzung der äußeren Haut überzieht, gewahrt man schon sehr früh eine tellerförmige Grube, deren Grund sich stets mehr und mehr nach Innen hin vertieft. Bald stellt diese Grube einen Beutel dar, in welchen von Außen her eine Oeffnung führt, die, anfangs weit, sich stets mehr und mehr verengert und endlich sich ganz verschließt, so daß dann der ursprüngliche Beutel in Gestalt eines kugelförmigen Säckchens, das rundum abgeschlossen ist, an der Innenfläche der äußeren Haut zurückbleibt. Dieses Säckchen, das in seinem ganzen Umfange aus ebenso abgeplatteten polyedrischen Zellen besteht, wie die äußere Haut selbst, ist nichts anderes als die Kapsel der Linse. Diese Kapsel füllt sich im Inneren mit Zellen, aus welchen dann später die eigenthümlichen Linsenfasern sich entwickeln. Die Linsenkapsel ist demnach nichts anderes, als eine sackförmige Einstülpung der äußeren Haut, welche dem von dem Nervensysteme ausgehenden Augenrudimente etwa in ähnlicher Weise entgegenkommt, wie die oben beschriebene Einstülpung des Munddaches, welche den Hirnanhang bilden soll, dem von der zweiten Hirnhöhle aus sich entwickelnden Hirntrichter entgegenwächst. In Folge dieser eigenthümlichen Entstehungsweise des Linsensystemes, die jetzt in übereinstimmender Weise durch mehrere Beobachter bei dem Hühnchen, den Fischen und den Sepien aufgefunden wurde, zeigt sich die Linse mit ihrer Kapsel auch stets bei jungen Embryonen hart an der Innenfläche der äußeren Haut anliegend. Erst in späterer Zeit trennt sie sich von dieser Verbindung mit der äußeren Haut und drängt mehr gegen den Grund des Auges hin, bis sie diejenige Stelle etwa in der Mitte des Augapfels erreicht, welche sie in dem Erwachsenen einnimmt.

Man hatte in früheren Zeiten, als man noch die Bildung sämmtlicher Organe aus Faltungen der verschiedenen Keimhautblätter zu erklären suchte, vielfach von Einstülpungen und Ausstülpungen dieser Blätter gesprochen, ohne indeß diese Vorgänge durch genaue Beobachtungen belegen zu können. Die neueren Nachforschungen haben nun gelehrt, daß sowohl bei der Linse, als bei dem Hirnanhang Vorgänge dieser Art unzweifelhaft existiren, obgleich man auch hier nicht jene grobmechanischen Ansichten von Faltungen, Aus- und Einstülpungen beibehalten darf, welche man nur zu leicht mit diesen Ausdrücken verbindet. Wenn man die allmähliche Ausbildung des Linsensackes, seine Vertiefung nach Innen, seine allmähliche Abschnürung beobachtet, so kann man sich allerdings nicht leicht der Vorstellung erwehren, als drücke eine unsichtbare Macht gleichsam nach und nach von Außen mit einem Stäbchen die äußere Haut in das Augenrudiment hinein und treibe jene beutelförmige Ausbuchtung vor sich her. Offenbar ist indeß diese Einstülpung das Resultat eines allmählichen Wachsens nach Innen, ganz so, wie auch die Ausstülpungen, von welchen wir bei der Entwickelung des Darmkanales reden werden, ebenfalls durch Auswachsen und späteres Auseinanderweichen der die Zellenmassen bildenden Organe gebildet werden.

Verfolgen wir nun die Bildung des Auges weiter, so sehen wir, unmittelbar nachdem die Linsenkapsel sich in ihrer sackförmigen Gestalt herangebildet hat, an der hinteren Fläche dieses Beutels eine Ansammlung wasserheller, formloser Substanz entstehen, welche Anfangs nur in sehr geringer Quantität vorhanden ist und die hintere Fläche der runden Linsenkapsel umfaßt, etwa wie das Becherchen die hintere Fläche einer Eichel. Diese durchsichtige Substanz, welche während ihrer Entwickelung stets röthlich aussieht und von vielen Blutgefäßen durchzogen ist, ist das erste Rudiment des Glaskörpers, dessen Masse stets mehr und mehr zunimmt und bald diejenige der Linse an Größe übertrifft.

Durch die Wucherung des Glaskörpers, sowie durch das Drängen der Linse nach Innen wird die vordere Fläche der Netz-

hautblase mehr und mehr nach Innen gegen ihre hintere Fläche zurückgedrängt. So kann man dann bald zwei Blätter der Netzhaut unterscheiden, ein vorderes eingebogenes, das den Glaskörper in seine Einbiegung aufnimmt, und ein hinteres, das mit dem Sehnerven im Zusammenhang steht. Je mehr die Zurückdrängung zunimmt, desto mehr nähern sich auch diese beiden Blätter der Netzhautblase einander, während die sie trennende Höhle und die in derselben enthaltene Flüssigkeit allmählich ganz und gar verschwindet. Aus der ursprünglichen Blase wird auf diese Weise durch das Zurückdrängen der vorderen Fläche eine Haut in Gestalt eines Spitzglases erzeugt, dessen Fuß dem Sehnerven, der Becher der Netzhaut entspräche, eine Form, welche in der That diejenige der Netzhaut in dem ausgebildeten Auge ist.

Die Entwickelung der hauptsächlichen strahlenbrechenden Gebilde des Auges geht demnach durch die Einstülpung der Linse von Außen nach Innen, und ist in sich sehr wesentlich verschieden, indem dies Linsensystem ursprünglich ein Entwickelungsproduct der äußeren Haut ist, während der Glaskörper von seinem ersten Erscheinen an durchaus selbstständig auftritt. Ganz unabhängig von allen diesen Gebilden entwickelt sich nun die Aderhaut oder Choroidea, welche durch ihr schwarzes Pigment schon von früher Zeit an sehr kenntlich ist. Wir bemerkten oben, daß um den Sehnerven herum eine größere Menge von Bildungsmaterial angehäuft sei, und daß dies namentlich an der oberen Fläche des Sehnervenrohrs zwischen ihm und dem Gehirne in größerer Menge sich finde, während nach unten hin der Sehnerv fast unmittelbar auf dem Dache der Mundhöhle aufliegt. Die Bildung der Aderhaut geschieht nun in der Weise, daß an dem Punkte, wo der Sehnerv zur Netzhautblase anschwillt, sich eine Anfangs durchsichtige Schicht zu differenziren beginnt, welche in ihrem Wachsthume allmählich nach vorn und oben fortschreitet und die Netzhautblase überzieht, während sie zugleich durch Ablagerung schwarzen Pigmentes nach und nach sich dunkel färbt. Man kann sich dies Wachsthum nicht besser anschaulich machen, als wenn man die eine geöffnete Hand allmählich von oben und

hinten her über eine Kugel wegschiebt und dieselbe zu umfassen strebt. Ganz in ähnlicher Weise wächst auch die Aderhaut von hinten und oben her allmählich über die Netzhautblase weg und strebt dann, diese auch nach unten hin zu umfassen. Unter dem Einflusse dieses Wachsthums plattet sich das ursprünglich runde Sehnervenrohr seitlich ab und geht dann in die Augenblase in der Form eines platten Bandes über, dessen Eintrittsstelle an der unteren und inneren Seite des Auges sich befindet. Verlängert man diese streifenartige Eintrittsstelle der Sehnerven nach vornen hin, so erhält man eine Linie, die an der unteren und inneren Seite des Augapfels verläuft. In dieser Linie geschieht die Vereinigung der um die Augenblase herumwachsenden Aderhaut. Die Narbe dieser Vereinigung bleibt noch längere Zeit dadurch sichtbar, daß sich kein schwarzes Pigment in derselben ablagert, und so sich dieselbe auf der schwarzen Aderhaut als weißer Streifen abzeichnet.

Man kann sich von diesem allmählichen Herumwachsen der Aderhaut um die Netzhautblase leicht überzeugen, wenn man hinlänglich junge Embryonen untersucht. Man sieht dann bei der seitlichen Ansicht des Embryo oftmals die Aderhaut nur in Gestalt eines stark gekrümmten Halbmondes, welcher die obere Hälfte der Augenblase umfaßt. Die beiden äußersten Spitzen dieses Halbmondes krümmen sich mehr und mehr nach unten und umfassen bald die Augenblase ganz, indem sie sich unten und innen Anfangs nur in einem Punkte berühren und in der Mitte ein birnförmiges Loch zwischen sich lassen, das ursprüngliche Sehloch, das nach und nach durch Vergrößerung der Berührungsstelle aus der birnförmigen Gestalt in eine vollkommen runde übergeht.

Bei dem Anwachsen nach vorn hat sich die Aderhaut unmittelbar an die innere Wand der äußeren Haut angelegt und sich somit zwischen diese und die verhältnißmäßig noch sehr große Linsenkapsel eingeschoben. Untersucht man daher das Auge eines Embryo aus der Periode, wo die Aderhaut eben ihre Umwachsung vollendet hat, so findet man keine vordere Augenkammer,

wie bei dem Erwachsenen, keine Iris in Gestalt eines beweglichen senkrechten Vorhanges, sondern man sieht, daß die weit ausgeschnittene Aderhaut unmittelbar an der äußeren Augenhaut anliegt, daß die Linse mit der inneren Fläche der äußeren Augenhaut in Berührung ist und in der Peripherie von dem ausgeschnittenen Rande des in der Choroidea ausgeschnittenen Sehloches berührt wird. Es beginnt nun die genauere Differenzirung der Hornhaut und der Sklerotika als äußere Hüllen des Augapfels, die im Anfange von der umgebenden Bildungsmasse nicht gehörig getrennt werden konnten und bei ihrem ersten Auftreten einander sehr ähnlich sehen, weil die Sklerotika Anfangs ganz durchsichtig ist, wie die Hornhaut, und erst später ihre eigenthümlichen Fasern sich ausbilden.

Die letzte Bildung des inneren Augapfels bezieht sich auf das Zurückweichen der Linse nach dem Grunde des Auges hin und die damit verbundene Entwickelung der vorderen Augenkammer, der Iris und der Häute, welche bei dem Embryo die Pupille verschließen und mit der Kapselwand in Verbindung setzen. Der freie Vorhang der Iris entsteht offenbar auf die Weise, daß der vordere Rand der Choroidea, nachdem die Spalte geschlossen ist, sich theilweise von seiner Berührung mit der Hornhaut ablöst, weiter nach Innen vorwächst, und auf diese Weise ringartig die Pupille verengert. Wir haben gesehen, daß bei der ursprünglichen Lagerung der Theile die Linse an der inneren Hornhautfläche selbst anhing und von der Pupille eng umschlossen wurde. Es möchte fast scheinen, als hänge die Ablösung der Linse von der Hornhaut damit zusammen, daß die Choroidea sich vorn an der Innenfläche der Hornhaut zu einem vollständigen Sacke schließt, der anfangs der Hornhautfläche anliegt, dann in seinem vorderen Theile zurückweicht, und während dieses Zurückweichens ringartig Pigment in dem Umkreise des Sehloches ablagert. So viel ist wenigstens Thatsache, daß, sobald die Iris gebildet ist, ihre mittlere Oeffnung, die Pupille, mittelst einer durchsichtigen aber gefäßreichen Haut verschlossen ist, die sich bis gegen die Geburt hin erhält und erst zu dieser

Zeit allmählich durch Auffaugung verschwindet. Diese Haut, welche den Namen der **Pupillarmembran** trägt, ist eigentlich nur der vordere Theil eines Sackes, der nach Innen durch das Sehloch hindurch auf die Linsenkapsel sich fortsetzt und diese gänzlich umhüllt. Dieser gefäßreiche Sack, den man den **Kapsel-Pupillarsack** genannt hat, dessen Existenz heftig bestritten wurde, aber jetzt mit der evidentesten Gewißheit dargethan ist, bildet sich ebenfalls allmählich gegen die Geburt hin zurück und verliert sich vollständig. Da er die Linse gänzlich umhüllt und nach vorn hin zu der Pupille gehend an dem Rande derselben sich befestigt, so scheint seine Entstehung mit dem Zurückweichen der Linse in gewisser Beziehung zu stehen, die noch nicht näher ermittelt ist.

Ueberblicken wir die Entstehungsgeschichte des Augapfels noch einmal im Ganzen, so sehen wir, daß die verschiedenen Theile desselben in durchaus verschiedener Weise sich ausbilden, und daß fünf verschiedene Organanlagen sich mit einander combiniren, um die so verwickelte Bildung des Augapfels herzustellen: die Netzhaut mit dem Sehnerven, der Glaskörper, die Linse mit ihrer Kapsel, die Aderhaut mit der Iris, die Hornhaut mit der Sklerotika, entstehen alle gesondert für sich und in unabhängiger Weise von einander.

Bis zu dem Anfange des dritten Monates etwa liegen die Augen noch ganz frei an der äußeren Fläche des Kopfes, und die äußere Haut geht glatt über sie weg. Die **Augenlieder** beginnen dann sich in Form zweier schmaler Hautfalten zu zeigen, die sich schnell vergrößern, über die vordere Fläche des Augapfels hinüber einander entgegen wachsen, schon gegen Ende des dritten Monates den Augapfel ganz bedecken und sogar in der Augenliedspalte mit einander verwachsen. Bei dem menschlichen Embryo löst sich diese Verwachsung schon ziemlich lange vor der Geburt. Bei vielen Thieren hingegen, wie z. B. den Fleischfressern, kommen die Jungen mit geschlossenen Augen zur Welt und öffnen sie erst einige Tage nach der Geburt.

Das Ohr und zwar das innere Ohr oder das Labyrinth zeigt sich in seiner ersten Anlage auf jeder Seite des Nackens als ein vollkommen rundes, wasserhelles Bläschen, das eine dicke Wandung hat, welche unter dem Mikroskop sich als Ring darstellt. Dieses Bläschen ist vollkommen kugelig und durchaus abgeschlossen von der Nachhirnzelle, zu deren Seiten es liegt. Man glaubte früher, das ursprüngliche Ohrbläschen verdanke seine Entstehung einer ähnlichen [illegible], wie diejenige, welche den [illegible] der Augen das Dasein giebt. Neuere Untersuchungen haben [illegible] nachgewiesen, daß das Bläschen von Anfang an [illegible] ist und erst später durch einen hohlen Stiel, den Hörnerven, mit dem Nachhirne in Verbindung tritt. Da der Kopf bei dem Embryo verhältnißmäßig ungeheuer groß ist und sich erst später durch Verkürzung seiner Basis zusammenschiebt, so scheint das Ohrbläschen anfangs ungemein weit von der Augenblase entfernt. Es begegnet jungen Embryologen [illegible] häufig, die Ohrbläschen, welche sich doch erst in der Mitte [illegible] [illegible] für deren Ende zu halten, und sich dann zu wundern, daß die beiden primitiven Ohrbläschen so weit hinten am Halse liegen, während sie in der That unmittelbar neben dem Anfange des Nachhirnraumes fast senkrecht über dem vorderen Ende des Herzens sich befinden: eine Lagerung, die sich durch die starke Ueberbeugung des Kopfes gegen die Brust [illegible].

Das Ohrbläschen wächst, nachdem es sich durch den erwähnten Stiel des Hörnerven mit dem Gehirne in Verbindung gesetzt hat, sehr rasch nach allen Seiten hin aus und verwandelt allmählich seine kugelige Gestalt in diejenige einer dreiseitigen Pyramide, deren Spitze nach oben gekehrt ist. Bei der Seitenlage des Embryo erscheint demnach jetzt das Ohrbläschen in der Gestalt eines Dreiecks, das beinahe gleiche Seiten besitzt. Um dieses Dreieck herum lagert sich nun eine bedeutende Menge von Bildungsmaterial, welches sehr bald in zelligen Knorpel übergeht, so daß nun das ganze Rudiment des Ohres von einer knorpeligen Masse umhüllt ist, welche die weiteren Vorgänge im



Inneren ziemlich verbirgt. Es scheint, daß diese Knorpelmasse von allen Seiten her in die Pyramide des Ohrbläschens hineinwuchert nnd die Ränder derselben abschneidet, so daß nun die drei Bogengänge oder halbzirkelförmigen Kanäle aus den Seiten der Pyramide hervorgehen, während die Basis der Pyramide als Säckchen überbleibt und den Vorhof des Labyrinthes bildet. Dies scheint mir wenigstens nach Beobachtungen an äußerst durchsichtigen Fischembryonen der wesentliche Bildungshergang der halbzirkelförmigen Kanäle, und es steht mit dieser Ansicht die Bildung der Kanäle selbst in Einklang, welche im Anfang kurz, verhältnißmäßig sehr weit, nur sehr wenig gebogen und durch geringe Zwischensubstanz von einander getrennt sind. Mit der Zunahme dieser knorpeligen Zwischensubstanz entwickelt sich die Biegung der Kanäle immer mehr, während die Kanäle selbst zugleich dünner und schlanker werden. Nur die Einmündungsstellen der Kanäle in den Vorhof bleiben in ihrer ursprünglichen Weite und sacken sich sogar aus, um die Ampullen zu bilden. Auf dieser Stufe der Bildung bleibt bei den meisten Fischen das Ohr Zeitlebens stehen, indem es bei diesen Thieren nur aus den halbzirkelförmigen Kanälen, dem Vorhofe und einem unteren Kalksacke besteht, der größtentheils dem Hörnerven zur Ausbreitung dient. Dieses ganze Ohr bleibt stets in den Knochen und Knorpeln des Kopfes verborgen und erhält nie äußere Theile. Bei den höheren Thieren bildet sich an dem ursprünglichen Ohrlabyrinthe zuerst noch die stumpfe Kapsel der Schnecke, welche bei fortdauerndem Wachsthum sich spiralig einrollt und so diejenige Gestalt gewinnt, welche sie bei dem erwachsenen Thiere besitzt.

Das mittlere und äußere Ohr, welche der Zuleitung der Schallstrahlen bestimmt sind, entwickeln sich ganz abgesondert von dem inneren Ohr aus den ursprünglichen Kiemenbogen und Kiemenspalten des Embryo's. Wir werden später sehen, daß der Embryo der höheren Thiere in der That bei der ersten Entwickelung des Gesichtes und des Halses dort förmliche Kiemenspalten besitzt, welche durch bogenartig gekrümmte Fortsätze, die



Kiemenbogen, von einander getrennt sind. Der vorderste dieser Kiemenbogen wird größtentheils zum Unterkiefer, und das obere Ende der Spalte, welche ihn von dem zweiten Kiemenbogen trennt, bildet sich zum mittleren und äußeren Ohr um. Dies scheint auf den ersten Anblick kaum glaublich, und in der That haben erst die Untersuchungen der neueren Zeit diese Vorgänge mit größerer Bestimmtheit kennen gelehrt. Betrachtet man den Schädel eines Erwachsenen, an welchem der Unterkiefer abgenommen ist, so sieht man hinter der äußeren Ohröffnung eine länglich griffelartige Spitze herabgehen, an welcher ursprünglich das Zungenbein befestigt ist, und die selbst einen Theil des Schläfenbeines ausmacht, in welchem das mittlere Ohr vergraben liegt. Stellt man sich nun vor, daß der Unterkiefer, statt beweglich in seinem Gelenke aufgehängt zu sein, in demselben angewachsen wäre, so würde man zwischen dem Unterkiefer und dem Griffelfortsatze eine Spalte sehen, die in den hinteren Theil der Rachenhöhle führt, und über deren oberem Ende sich der Gehörgang und das mittlere Ohr befänden. Es bedürfte nur eines Hammerschlages, um mit dem Meißel diese geschlossene Trommelhöhle zu öffnen und in das obere Ende der Spalte zu verwandeln. Eine solche Bildung findet sich aber Anfangs beim Embryo. Statt eines beweglich angehefteten Unterkiefers findet sich ein Streifen von Bildungsmasse, welcher ununterbrochen von der Schädelbasis aus nach unten sich fortsetzt. Statt eines mehrfach gegliederten Zungenbeinhorns und eines Griffelfortsatzes findet sich ein zweiter solcher Streifen von Bildungsmasse, der von dem ersten durch eine tiefe Spalte getrennt ist, welche in die Rachenhöhle führt.

Das obere Ende dieser Spalte schließt sich nun durch Wucherung der Bildungsmasse ab und bildet eine Röhre, die von Außen nach Innen führt und durch die besondere Entwickelung der Theile im Knie gebogen wird. Das Knie selbst erweitert sich blasenartig und wird zur Trommelhöhle, das äußere Ansatzstück wird äußerer Gehörgang, das innere nach der Rachenhöhle führende Stück Eustachische Trompete. Die

Knöchelchen des inneren Ohres entstehen theils aus den beiden Kiemenbogen selbst, theils aus der Bildungsmasse, welche das mittlere Ohr von dem unteren Theile der Kiemenspalte abschließt. Der Hammer mit dem Ambos entstehen aus dem ersten Kiemenbogen, und ersterer bildet, wie wir sehen werden, gleichsam die Grundlage des ganzen Unterkiefers; — der Steigbügel bildet sich aus dem zweiten Kiemenbogen und ist nichts anderes als die abgelöste obere Fortsetzung des Griffelfortsatzes; — der Trommelfellring endlich nebst dem Trommelfelle entwickeln sich aus dem Schließungsmaterial der Kiemenspalten.

Das äußere Ohr bildet sich aus einer Hautfalte, die sich allmählich mehr und mehr erhebt, und die Form der Muschel annimmt, die wir bei dem Erwachsenen kennen.

Es geht aus dem Gesagten zur Genüge hervor, daß auch das Ohr seiner Entstehung nach ein complicirtes Organ sei, welches sich im Laufe der Entwickelung aus mehreren anfänglich streng geschiedenen Theilen zusammensetzt. Das Labyrinth entsteht selbstständig für sich; die Nervensubstanz kommt ihm von Innen her entgegen und bildet sich in dasselbe als Hörnerve hinein, während das mittlere Ohr von Außen her sich an das Labyrinth anlegt und mit ihm verbindet. Wollte man nach Vergleichungspunkten zwischen dem Ohre und dem Auge suchen, so würde man erkennen müssen, daß das Linsensystem in ähnlicher Weise sich von Außen nach Innen fortschreitend entwickelt, wie das mittlere Ohr, das dem Stiel des Ohrbläschens der ursprünglichen Netzhautblase und den Sehnerven entspricht, und daß dem Ohrbläschen selbst als isolirt entstehendem Theile nur der Glaskörper, seiner selbstständigen Entwickelung wegen, verglichen werden kann.

Die Nase zeigt sich zuerst in Form zweier meist länglich eiförmiger Grübchen, welche an der vorderen Fläche des Kopfes nahe an der Mittellinie sich befinden. Eine Linie, welche man von einer Augenblase zur anderen ziehen würde, träfe auf diese

zweier äußeren Nasengruben, die Anfangs ganz flach und sogar durch ihre aufgewulsteten Ränder etwas über die Fläche des Kopfes erhaben sind. Einer jeden dieser grubenförmigen Einsenkungen wächst von der unteren Fläche der Hemisphären, und zwar von der Spitze, wo sich auf dem Boden der Großhirnzelle der Stirnfortsatz erhebt, ein kolbenartiges Gebilde entgegen, welches sich allmählich der inneren Seite der Nasengrube nähert, mit dieser verwächst und dann den Riechnerven darstellt. Die erste Anlage der Nase wird demnach jederseits aus einer äußerlichen, nach hinten geschlossenen Grube gebildet, an deren Innenfläche die beiden Riechnerven aufsitzen.

Ich muß offen gestehen, daß mir die weitere Ausbildung dieser Nasengruben zu der bei den höheren Wirbelthieren vorhandenen, nach hinten offenen Nase noch nicht völlig klar geworden ist. So viel scheint mir indeß sicher, daß diese Nasengruben nicht den äußeren Nasenöffnungen, sondern vielmehr dem Orte entsprechen, wo der Riechnerv durch die Siebbeinplatte an die Nasenschleimhaut herantritt, und daß demnach die ganze äußere Nase und die nach hinten sich öffnenden Nasengaumengänge um diese ursprünglichen Nasengruben herumgebildet werden und gleichsam einem Vorbaue derselben entsprechen. Das zwischen und hinten bei den Nasengruben angehäufte Bildungsmaterial verdickt sich allmählich, wächst nach den Seiten herum aus und bildet so die Scheidewand der Nasenhöhle, die Riechmuscheln und die Siebbeinplatte: — alles Theile, welche meiner Ueberzeugung nach gesondert entstehen und anfänglich in ihrer Gesammtheit eine Art knorpeliger Kapsel um die Nasengrube bilden, welche deren Grund wie ein in der Mitte getheilter Becher umfaßt. Die Bildungsmasse, welche die ursprünglichen Nasengruben nach unten hin umgiebt und von der Mundhöhle trennt, entwickelt sich zu einem besonderen Knochen, dem Zwischenkiefer, welcher indeß bei dem Menschen sehr bald mit dem Oberkiefer sich vereinigt. Dieser selbst ist ein innerer wagerechter Fortsatz des ersten Kiemenbogens, der von beiden Seiten her gegen die Mitte hin verwächst. Auf diese Weise entsteht der knöcherne Gaumen, welcher

ein Zwischendach bildet zwischen der Mundhöhle und der Schädelbasis. Das Resultat dieser Vereinigung der beiden Oberkiefer mit dem mittleren Sporne, der als Zwischenkiefer, Pflugscharbein und senkrechte Siebbeinplatte die beiden Nasengruben trennt, ist eben die Bildung zweier horizontalliegender Gänge der beiden Nasengaumengänge. Der Eingang derselben überwölbt sich dann nach vornen durch die äußere Nase, deren Scheidewand Anfangs noch sehr breit ist, später aber allmählich immer dünner wird.

Aus dieser Bildungsweise des knöchernen Gaumens durch allmähliches Verwachsen nach Innen erklärt sich sehr leicht eine Mißbildung, die man unter dem Namen des Wolfsrachens kennt. Sehr häufig nämlich entwickelt sich der Oberkiefer nur unvollständig. Er erreicht nicht die innere Scheidewand der Nasengruben, und es bleibt dann eine Längsspalte, welche die Mundhöhle mit der Nasenhöhle in Verbindung setzt. Eine äußere Andeutung dieser unvollständigen Vereinigung ist die Hasenscharte, welche zuweilen doppelt, meist nur auf einer Seite, entwickelt ist.

Fünfundzwanzigster Brief.

Das Skelett.

Die Entstehung der ersten Anlage des Skelettes führt auf die früheste Zeit der embryonalen Entwickelung zurück, nämlich zu derjenigen Epoche, wo sich in dem serösen Blatte der Keimhaut die Primitivrinne gebildet hat, innerhalb welcher, wie wir gesehen haben, das Nervensystem sich ausbildet. Unmittelbar nach dem Auftreten dieser Rinne erblickt man in der Längenaxe des Körpers einen mehr oder minder dunkeln cylindrischen Strang, der den Boden der Primitivrinne zu bilden scheint, in Wahrheit aber auch noch eben von einer geringen Menge embryonaler Substanz bedeckt ist. Man nennt diesen Strang, der durchaus cylindrisch ist, die Rückensaite oder Chorda. Sie zeigt sich bei allen Embryonen äußerst früh, bildet sich aber bei den niederen Wirbelthieren weit mehr aus, als bei den Säugethieren. Sie entsteht auf die Weise, daß anfänglich mit dunkeler Körnermasse gefüllte Zellen sich linear aneinanderreihen und später zu einer homogenen Masse zusammenschmelzen. In dieser Masse entwickeln sich nun kleine, vollkommen durchsichtige, wasserhelle Zellen, die sich allmählich mehr und mehr vergrößern, die körnige Ursubstanz verdrängen und so dem Strange ein vollkommen durchsichtiges Ansehen geben: daher kommt es denn auch, daß die Chorda unmittelbar nach ihrem Entstehen dunkeler erscheint, als die umgebende Embryonalmasse, während in späterer Zeit gerade der umgekehrte Fall eintritt.

Zu gleicher Zeit, wie sich diese Zellenmasse in der Chorda selbst entwickelt, differenzirt sich auch von Außen um dieselbe herum eine Schicht von Belegungsmasse, welche nach und nach zunimmt und eine dicke Scheide um die Chorda bildet, so daß diese jetzt als ein cylindrisches, mit Zellen angefülltes Rohr erscheint. Diese Belegungsmasse wuchert nun namentlich an einzelnen Stellen bedeutend nach den Seiten hinaus und stellt sich so in Form kleiner viereckiger Blättchen dar, deren Bildung in der Nackengegend unmittelbar an dem hinteren Ende der Nachhirnzelle beginnt und von dort aus rasch nach hinten fortschreitet. Diese viereckigen Blättchen, welche aus dunkeler körniger Sub-

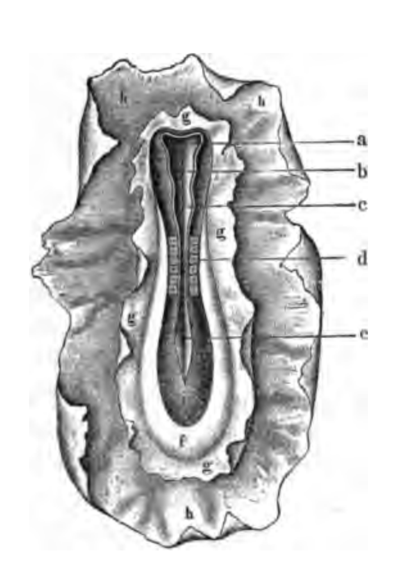


Fig. 47. Die Embryonalanlage in einem Hundeei, etwa 20 Tage nach der Befruchtung. Der über die Keimblase mit der Bauchfläche hingebogene, werdende Embryo ist losgelöst und mit den ihn umgebenden Häuten flach ausgebreitet worden, daß man ihn vom Rücken aus sieht. Die Primitivrinne klafft noch weit auseinander — sie ist überall mit einem hellen Streifen umgeben, der einen Ablagerung von Substanz an den Wänden der Rinne. In der Tiefe der Rinne sieht man die Rückensaite als dunkleren Streifen. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn — alle drei noch in Gestalt von Ausbuchtungen der Primitivrinne. e. Lanzettförmige hintere Erweiterung der Primitivrinne. (Rhombische Bucht, sinus rhomboidalis.) d. Feste Anlagen der Wirbelkörper. f. Peripherischer Theil des Embryo (Bauchplatten), in deren Umkreis das animale Blatt g. und das vegetative Blatt h. mit einander zusammengeheftet sind. i. Körper des Embryo (Rückenplatten).

[illegible] einzelnen [illegible] beiden [illegible] Wirbelbeine [illegible] allmählich von [illegible] Chorda herum mit [illegible] Ringen. Jeder Wirbelkörper [illegible] einen Ring [illegible] Wirbelkörpern zu beiden [illegible] des Embryo [illegible] Ringe in Gestalt [illegible] Wirbel- [illegible] Chorda all- [illegible] Wirbelkörpern gänzlich [illegible] gallertartige Sub- [illegible] Bei den [illegible] noch der [illegible] Wirbelkörper, daß dieselben [illegible] Gestalt [illegible] Augenblick [illegible] Chorda [illegible] überall eine [illegible] zeigen.

[illegible] Chorda [illegible] sich indeß nicht [illegible] Zellenstrang [illegible] Rückenfläche hin [illegible] eines zweiten Rohres, [illegible] es wenigstens die [illegible] scheinen wollen, [illegible] Rückenmarkes eine selbst- [illegible] Belegungsmasse der [illegible] Anfang an anzu- [illegible] daß in diesem [illegible] unabhängiger [illegible] einzelne Knochen- [illegible] unten fortwachsen und in [illegible] sich vereinigen, während sie

nach unten auf den Wirbelkörper sich aufsetzen. Diese symmetrischen Stücke, welche isolirt für sich entstehen und bei vielen Embryonen sogar viel früher verknöchern, als die Wirbelkörper selbst, sind die Bogenstücke oder hinteren Wirbelbogen.

In ähnlicher Weise sondern sich auch in der Embryonalmasse, welche die Bauchwände bilden soll, selbstständige Skelettstückchen aus, welche sich bogenförmig nach unten krümmen und die Eingeweide zu umfassen streben. Auch diese Stücke, welche je nach den einzelnen Wirbeln zu Rippen, queren oder schiefen Fortsätzen werden, entstehen selbstständig für sich in der Embryonalsubstanz und vereinigen sich erst später mit dem Wirbelkörper. Man hat öfter die Entstehung der Wirbel und der Wirbelfortsätze in der Art dargestellt, als entstehe zuerst der Wirbelkörper und als strahlten dann aus diesem centralen Punkte die einzelnen Fortsätze hervor und krümmten sich bogenförmig einerseits nach oben um das Rückenmark, andererseits nach unten um die Eingeweide und die großen Gefäße herum, so daß also das Schema des Wirbeltypus eine 8 sei, in deren Verschlingungspunkt der Wirbelkörper liege, während nach oben und unten hin die Fortsätze zur Umfassung der angegebenen Theile vorhanden wären. Das Bild ist allerdings richtig; — die Entstehungsweise der 8 aber darin verschieden, daß jedes Stück für sich selbstständig entsteht und erst später mit den anderen zusammenschießt.

Die wesentliche Bedingung zur Entstehung eines Wirbels ist die Chorda, und man kann als Grundsatz aussprechen, daß nirgends ein Wirbelkörper sich entwickelt, wo nicht vorher eine Chorda ihm als Grundlage gedient habe. Deshalb sieht man auch bei den Embryonen, deren Hintertheil sich zu einem Schwanze verlängert, die Chorda nach und nach in den Schwanz sich fortsetzen und dort gleichsam die Wirbelbildung anregen. Bei vielen Thieren bleibt die Chorda das ganze Leben hindurch in dem ursprünglichen embryonalen Zustand. Das niederste Wirbelthier, welches man bis jetzt kennt, der Amphioxus, besitzt gar keinen anderen Skelettheil. Bei den Lampreten und Neunaugen, sowie

bei den Stören gesellen sich zu dieser persistirenden Chorda selbstständige knorpelige Bogenstücke, und wenn man die Reihe der Wirbelthiere aufwärts verfolgt, so lassen sich alle Stadien der Entwickelung, welche man bei den Embryonen kennt, in dem Baue der Wirbelsäule erwachsener Thiere nachweisen.

Wir haben oben bemerkt, daß die vorderste Wirbelplatte unmittelbar hinter dem Ende der Nachhirnzelle sich zeigt. Die Chorda ragt indeß weiter nach vorn über diesen ersten Wirbelkörper des Halses hinaus. Ihr vorderes Ende, das wie ein zugespitzter Pfahl in der umgebenden Embryonalmasse steckt, findet sich zwischen den beiden Ohrbläschen in der Gegend, wo die Blase des Mittelhirnes beginnt. Man hat noch nie einen Embryo entdeckt, bei welchem das vordere Ende der Chorda weiter nach vornen über das Mittelhirn hinausgeragt hätte.

Die Belegungsmasse der Chorda, in welcher, wie wir oben gesehen haben, die ersten Wirbelanlagen sich differenziren, bildet von dem vorderen Ende der Wirbelsaite aus zwei eigenthümliche, geradeaus gerichtete Fortsätze, welche sich um den Hirnanhang herumkrümmen und vor demselben zusammenstoßen. Diese beiden Fortsätze, welche cylindrisch sind und die seitlichen Schädelbalken genannt werden, gehen von einer etwas breiteren Platte der Belegungsmasse der Chorda aus, welche unter der Nachhirnzelle sich entwickelt. Sie stellen in ihrer Gesammtheit mit der Chorda etwa die Figur einer Raquette dar, wie man sie zum Schlagen des Federballes benutzt. Der Stiel dieser Raquette wird von der Chorda, die Seitentheile von den beiden seitlichen Schädelbalken repräsentirt. Von der breiteren Platte, welche man die Nackenplatte nennt, erhebt sich senkrecht ein knorpeliger Sporn, der in die Stelle der Kopfbeuge zwischen zweiter und dritter primitiver Hirnzelle eindringt und gleichsam die Axe bildet, um welche diese Kopfbeuge sich herstellt. Dieser Sporn, den man den mittleren Schädelbalken genannt hat, verschwindet wieder spurlos in späterer Zeit, während die seitlichen Schädelbalken eine wichtige Rolle in der späteren Entwickelung des knöchernen Schädels spielen.

Außer den genannten Theilen zeigen sich an dem Kopfe noch andere knorpelige Gebilde, welche ebenfalls für die Entwickelung des knöchernen Schädels von Wichtigkeit sind. Die beiden Ohrblasen werden, wie schon in dem vorigen Briefe erwähnt wurde, von knorpeligen Kapseln umhüllt, welche anfangs durchaus isolirt entstehen und erst später einigermaßen mit der Nackenplatte verwachsen. Nicht minder isolirt bildet sich die knorpelige Doppelkapsel, welche das Geruchsorgan umhüllt, und aus der, wie oben bemerkt, das Siebbein, der Zwischenkiefer und noch andere Knochen sich entwickeln.

Um das ganze Gehirn differenzirt sich eine Schicht von Knorpelsubstanz, welche eine continuirliche Kapsel bildet, die die Nervensubstanz von allen Seiten her einhüllt. Diese knorpelige Gehirnkapsel steht mit den eben angeführten Theilen, namentlich mit der raquettenförmigen Schädelbasis, in keiner organischen Verbindung und läßt sich leicht von denselben loslösen. Sie bildet ein continuirliches Ganze, und man kann sich nicht besser eine Vorstellung davon verschaffen, als wenn man den Schädel eines Haifisches untersucht. Dieser ist ebenfalls ein aus dem Ganzen gegossenes Stück, welches das Gehirn von allen Seiten umhüllt und keinerlei Abtheilungen zeigt. Ebenso verhält sich auch die primitive Gehirnkapsel des Embryo; — sie besteht aus einem einzigen Stücke, welches auf den Schädelbalken aufliegt, ohne Anfangs selbst mit denselben zu verwachsen.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß der primitive Schädel des Embryo aus sehr verschiedenen Stücken zusammengesetzt ist, die vollkommen getrennt von einander bestehen, und somit auch nicht einem und demselben Entwickelungstypus angehören können. Mit der Chorda oder dem Wirbelsysteme in näherer Beziehung stehen allein die seitlichen Schädelbalken, die Nackenplatte, von welcher die Schädelbalken ausgehen, und die Gesichtsplatte, in welcher sie sich unmittelbar vor dem Gehirnanhange wieder vereinigen. Die knorpeligen Kapseln des Gehirnes, der Gehörorgane und der Nase sind in ihrer Anlage dem Wirbelsysteme durchaus fremd und haben mit demselben auch nicht das Ge-

ringste gemein. Wenn man die Entwickelung der einzelnen Theile des knöchernen Schädels verfolgt, so ist aus diesem Grunde wohl darauf zu achten, aus welcher dieser verschiedenen knorpeligen Grundlagen ein specieller Knochen hervorgehe, da sich hieraus von selbst ein Schluß über die Natur und die Beziehung eines jeden einzelnen Knochen ergiebt.

Im Allgemeinen muß hier bemerkt werden, daß jedem oder wenigstens den meisten Knochen eine knorpelige Grundlage vorangeht, aus welcher sich erst die Knochensubstanz entwickelt. Ich habe gesagt, den meisten Knochen, weil man schon einige Beispiele von Knochen kennt, die unmittelbar, ohne vorläufige Bildung einer knorpeligen Grundlage, aus der embryonalen Bildungsmasse hervorzugehen scheinen. In welcher Weise die Umwandlung des Knorpelgewebes im Knochengewebe geschieht, ist noch nicht hinlänglich ausgemacht, trotz vielfältiger Untersuchungen, welche man über diesen Punkt angestellt hat. Meistens erzeugen sich in den knorpeligen Grundlagen der Knochen einzelne Punkte, sogenannte Knochenpunkte, von welchen aus die Verknöcherung nach allen Seiten hin fortschreitet. Man hat früher auf das Erscheinen dieser Knochenpunkte vieles Gewicht gelegt, nach mancherlei Streitigkeiten über deren Zahl und Lagerung in den einzelnen knorpeligen Elementen aber bald einsehen müssen, daß diese Untersuchungen nur sehr wenige Resultate liefern konnten, welche von allgemeinerem Interesse wären. Nicht minder hat man sich vielfältig abgequält, um die Epoche, in welcher die einzelnen Knochen bei dem menschlichen Fötus verknöchern, zu bestimmen, und hat sich dabei überzeugt, daß die Verknöcherung durchaus nicht in derselben Reihenfolge geschieht, als die knorpeligen Grundlagen auftreten, und daß demnach manche Stücke des Skelettes sehr lange knorpelig bleiben, während andere fast unmittelbar nach ihrem Erscheinen verknöchern.

Die raquettenförmige Grundlage, die aus den seitlichen Schädelbalken und deren Endplatten und Anfangsplatten besteht, umfaßt von allen Seiten den Hirnanhang, der, wie wir oben sahen, aus einer Aussackung der Mundschleimhaut hervorgegangen

ist. Betrachtet man den knöchernen Schädel eines Erwachsenen, von welchem die Decke abgehoben ist, so daß man die innere Fläche, auf welcher das Gehirn ruht, erblicken kann, so sieht man, daß der Hirnanhang in einer tiefen Grube des Keilbeines verborgen liegt, welche man den Türkensattel genannt hat. Diese Grube entspricht also ohne Zweifel dem Raume, in welchem das vordere Ende der Chorda frei vorragt, und der von den beiden seitlichen Schädelbalken umschlossen ist. Der Türkensattel ist mit einem Worte der Rest jenes senkrechten Loches, durch welches die Mundschleimhaut sich beutelartig hervorstülpt, um den Hirnanhang zu bilden. Dieses Loch ist anfangs bedeutend größer als der Hirnanhang, verengert sich aber allmählich um denselben durch Verknöcherung der seitlichen Schädelbalken, die auf diese Weise in dem knöchernen Schädel einen einzigen Knochen, den Körper des Keilbeines bilden. Der Körper des Keilbeines umfaßt demnach niemals einen Theil der Wirbelsaite; er stellt vielmehr eine horizontale Platte dar, welche anfangs durch ein senkrechtes Loch in der Mitte durchbohrt war. Die Entwickelung des Keilbeinkörpers hat sonach nicht die mindeste Aehnlichkeit mit derjenigen eines Wirbelkörpers, und wenn man auch zur Unterstützung dieser Ansicht anführen will, daß der Keilbeinkörper aus der über die Chorda selbst verlängerten Belegungsmasse der Wirbelsaite entstanden ist, so muß man doch auf der anderen Seite berücksichtigen, daß eine senkrechte Durchbohrung durchaus mit der Natur eines Wirbelkörpers unverträglich erscheint.

Vollständigen Wirbeltypus bietet in seiner Entstehung das Hinterhauptbein dar. Der Körper desselben entwickelt sich als Ring um die Chorda, die er nach und nach umschließt und gänzlich absorbirt. Die Seitentheile, welche das verlängerte Mark umfassen, entstehen, wie die Bogenstücke der Wirbel, als getrennte Stücke in dem Umhüllungsrohr des verlängerten Markes.

Der vordere Theil der knorpeligen Schädelbasis, in welchem sich die beiden seitlichen Schädelbalken vereinigen, stellt anfänglich eine schmale Platte dar, welche kaum breiter ist, als die Schädelbalken selbst. Diese Gesichtsplatte verknöchert eben-

falls so wie die seitlichen Balken, und bildet einen Knochenkern, der sehr bald mit dem eigentlichen Keilbeine verwächst, zuweilen aber als vorderer Keilbeinkörper getrennt bleibt. Die von der Chorda ausgehende Belegungsmasse bildet also einzig und allein in dem knöchernen Schädel das Hinterhauptbein und die nächste Umgebung des Türkensattels, so wie dessen Boden. Die große Mehrzahl der Schädelknochen hat durchaus nicht das Mindeste mit dieser von der Belegungsmasse der Chorda ausgehenden knorpeligen Schädelbasis zu thun, ein Umstand, auf welchen wir sogleich ausführlicher zurückkommen werden.

Ein zweites primitives Gebilde waren die beiden Knorpelkapseln, welche die Gehörblasen umhüllen. Diese verknöchern durchaus für sich und bilden das Felsenbein, welches bei dem Neugeborenen noch als vollständig getrennter Knochen existirt und später erst mit den Schläfenbeinen verwächst. Die Felsenbeine sind demnach ihrer Entstehung zufolge durchaus für sich bestehende isolirte Theile, die mit keinem anderen Stücke des Skelettes in näherer Beziehung stehen.

Bei der Entwickelung der Nase schon wurde darauf aufmerksam gemacht, daß die ursprünglichen Knorpelkapseln, welche die Nasengruben umhüllen, eine isolirte Entstehungsweise zeigen und erst später in Verbindung mit anderen Knochen treten. Das Siebbein und die Nasenbeine, das Pflugscharbein und der Zwischenkiefer gehören ohne Zweifel dieser ursprünglichen knorpeligen Nasenkapsel an und stehen in keiner Beziehung weder zu der knöchernen Schädelbasis, noch zu der primitiven Gehirnkapsel.

Die Gehirnkapsel selbst verknöchert niemals, unter keinen Umständen, bei keinem Thiere. Es entwickelt sich nie ein Knochen aus derselben, und die verschiedenen Stücke, welche das knöcherne Gewölbe des Schädels bilden, die Stirnbeine, die Scheitelbeine, die Schuppe des Hinterhauptes, die Schläfenbeine und die Flügel des Keilbeines sind besondere Knochen, sind Belegungsplatten, welche von Außen her sich auf die knorpelige Gehirnkapsel gleichsam niederschlagen und eine äußere Knochenkapsel bilden,

welche die innere Knorpelkapsel vollständig einschließt und allmählich durch ihr fortdauerndes Wachsthum zu Grunde richtet. Man kann bei Embryonen zu gewissen Zeiten die knorpelige Hirnkapsel, welche man auch den Primordialschädel genannt hat, aus diesen äußeren Belegungsplatten herausschälen und mit leichter Mühe von den Knochen loslösen. Bei vielen Fischen bleibt diese knorpelige Kapsel zeitlebens, und die genannten Knochen stets in ihrer ursprünglichen Beziehung zu derselben. Man braucht, um sich von diesem Verhältnisse zu überzeugen, nur den Kopf eines gekochten Hechtes zu untersuchen. Das Kochen hat hingereicht, um die Fasern zu lösen, welche die Knochen mit den Knorpeln verbinden, und man wird ohne weiteres die meisten Schädelknochen ablösen können, und als Rest eine innere Knorpelkapsel zurückbleiben sehen, welche das Gehirn unmittelbar umhüllt.

Die Entwickelung des Gesichtes und der dazu gehörigen Knochen ist nicht minder complicirt, als diejenige des Schädels, und wo möglich ist die Zersplitterung der Uranlagen, aus welchen sich die einzelnen Knochen hervorbilden, noch größer und mehr im Einzelnen durchgeführt. Während indeß bei der Anlage der Wirbelkörper und des Primordialschädels die Ausbildung in der Mittellinie, um eine mittlere Axe, ein wesentliches Moment darstellt, ist im Gegentheile bei dem Gesichte die paarig symmetrische Anlage und die Entwickelung von beiden Seiten her gegen die Mittellinie hin unverkennbar und dadurch erzeugt, daß alle Theile des Gesichtes ursprünglich dazu bestimmt sind, Ringe um das Anfangsstück des Darmrohres, um den Munddarm zu bilden. Diese Ringe aber werden durch das allmähliche Gegeneinanderwachsen bogiger Stücke von Embryonalsubstanz gebildet, die gegen die Mittellinie zu sich krümmen und endlich in derselben vereinigen.

Schon in früherer Zeit hatte man an sehr jungen Embryonen seitlich am Halse quere Spalten gesehen, ohne daß man dieser Beobachtung diejenige Aufmerksamkeit schenkte, welche sie verdient hätte. Später beschäftigte man sich genauer mit dieser Erscheinung; man erkannte, daß diese Querspalten durch bogen-

förmige Streifen von einander getrennt seien, in welchen Gefäßbogen verliefen, die von dem Herzen aus nach oben sich krümmten und unmittelbar unter der Chorda sich vereinigten, um die großen mittleren Körperarterien zu bilden. In dieser Anordnung erkannte man mit Recht große Aehnlichkeit mit den Strukturverhältnissen, welche die Kiemen der Fische darbieten. Bei diesen Thieren erblickt man, sobald man die Kiemendeckel (die sogenannten Ohren) aufhebt, in der Tiefe die Kiemen, welche durch ihre schön rothe Farbe allen Fischliebhabern bekannt sind, da man an der hellen Röthe dieser Theile erkennt, ob der Fisch wirklich frisch sei, oder nicht. Untersucht man diese Kiemen näher, so findet man, daß sie aus strahlenartigen, spitzen Blättchen bestehen, die auf knöchernen Bogen aufsitzen. Diese knöchernen, gegliederten Kiemenbogen sind durch Spalten von einander getrennt, welche in die Mundhöhle führen. Man braucht bei dem ersten besten Weißfische nur den Kiemendeckel abzuschneiden und mit der Scheere die rothen Kiemenblättchen abzutragen, um eine Anschauung dieser knöchernen Bogen und der zwischen ihnen befindlichen Spalten zu erhalten. Ueber jeden dieser Bogen läuft eine große, fast unmittelbar aus dem Herzen entspringende Arterie, die sich an die Kiemenblätter vertheilt und wieder in einen Stamm sammelt, der unmittelbar unter der Wirbelsäule mit demjenigen der entgegengesetzten Seite sich vereinigt und den Stamm der Aorta bilden hilft. Die Aorta entsteht also bei den Fischen aus den Gefäßen der Kiemenbogen, und alles Blut, welches aus dem Herzen ausgetrieben wird, muß durch diese Gefäße der Kiemenbogen laufen.

Ganz dieselbe Struktur findet sich zu einer gewissen Zeit beim Embryo. Alles Blut läuft, indem es aus dem Herzen ausgetrieben wird, durch die Gefäßbogen der erwähnten krummen Streifen von Embryonalsubstanz und vereinigt sich nachher in der Mittellinie. Deshalb nannte man diese Streifen die Kiemenbogen, die sie trennenden Spalten die Kiemenspalten, um die Analogie anzuerkennen, welche in der Bildung dieser Theile offenbar gegeben ist. Zur Zeit jener Entdeckung war

die Naturphilosophie noch in ihrer höchsten Blüthe, und es konnte nicht fehlen, daß diese Thatsache in mannichfacher Art der Richtung jener Zeit zufolge benutzt wurde; allein deshalb fiel es doch nie irgend einem Forscher in der Entwickelungsgeschichte ein, behaupten zu wollen, daß diese Kiemenbögen wirklich der Respiration dienten. Man wußte zu wohl, daß das Athmen der Fische eine Funktion der Capillarnetze war, welche die Kiemenblättchen überzogen, hatte sich aber durch Beobachtung überzeugt, daß auf den Kiemenbogen der Embryonen höherer Thiere nie solche respiratorische Kiemenblättchen sich entwickelten. Es gleicht daher dem Gefechte Don Quixote's gegen die Windmühlen, wenn ein französischer Phantast in der Entwickelungsgeschichte, dessen wir schon früher erwähnten, eine große Abhandlung gegen die respiratorische Funktion dieser Kiemenbogen der Embryonen schrieb, da kein Mensch je eine Behauptung dieser Art aufgestellt hatte.



Fig. 48. Ein menschliches Ei etwa aus der fünften Woche der Schwangerschaft. Das Amnios ist abgeschnitten; das Chorion dagegen mit seinen Zotten und das Nabelbläschen nebst dem Embryo wohl erhalten.

a. Chorion. b. Amnios, den Nabelstrang c. umhüllend. d. Nabelbläschen mit langem Stiele.



Fig. 49. Der Embryo dieses Eies stärker vergrößert. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn. d. Wirbelsäule. e. Schwanz, anfangs stark entwickelt, später schwindend. f. Auge. g. Oberkiefer. h. Erster Kiemenbogen. i. Zweiter Kiemenbogen. k. Arm. l. Bein. n. Herz, in den Brustdecken eingeschlossen. o. Bauch, hauptsächlich von der Leber ausgefüllt. p. Nabelstrang. q. Kopfbeuge. r. Nackenbeuge.

Bei den Säugethieren zeigen sich in frühester Zeit, aber doch erst nach Ausbildung der Augenbuchten, des Ohrbläschens und der Kopfbeuge, auf jeder Seite des Halses fünf Kiemenspalten, wodurch vier Kiemenbogen abgetrennt werden, die von vorn nach hinten an Größe und Bedeutung abnehmen. Alle

diese Kiemenbogen entstehen nach und nach, der vorderste zuerst, der hinterste zuletzt; sie wachsen in Form kleiner Warzen hervor, welche sich allmählich vergrößern und einander nach der Bauchseite hin in der Mittellinie entgegenkommen.

Der vorderste Kiemenbogen ist der bedeutendste in jeder Hinsicht, sowohl an Größe, als auch hinsichtlich der Bildungen, zu welchen er später Gelegenheit giebt. Wir haben bei dem Ohre schon von diesem Kiemenbogen gesprochen und den Antheil bezeichnet, welchen er an der Bildung des mittleren Ohres nimmt. Aus diesem Bogen entstehen einerseits der Oberkiefer, das Jochbein, die Gaumen- und Flügelbeine, indem von dem oberen Theile desselben, da wo er von der Schädelbasis ausgeht, eine



Fig. 50. Ein etwa 26 Tage alter Hundeembryo, fünfmal vergrößert, von der Seite gesehen

a. Vorderhirn. b. Zwischenhirn. c. Mittelhirn. d'. kleines Gehirn. d. Nachhirn. e. Auge. f. Ohrbläschen, durch einen Stiel (Hörnerven) mit dem Nachhirn zusammenhängend. g. Oberkiefer. h. Unterkiefer (erster Kiemenbogen). i. Zweiter Kiemenbogen. k. Rechte Vorkammer des Herzens. l. Linke Kammer. m. Rechte Kammer. n. Aortenstiel. o. Leber. p. Herzbeutel. q. Darmschlinge, in welche das Nabelbläschen s. mit seinem Stiele r. einmündet. t. Allantois. u. Amnios. v. Vordere Extremität. w. Hintere Extremität. x. Wirbelsäule. y. Schwanz. z. Nase. 1. Kopfbeuge. 2. Nackenbeuge.

wuchernde Bildungsmasse nach vorn und innen gegen die Mitte zuwächst, und durch endliches Anlegen an die Scheidewand der Nasenkapsel ein horizontales Dach bildet, wodurch die Nasenhöhlen von der Mundhöhle geschieden werden. Man hat bisher diese ganze Masse, in welcher sich vereinzelt die genannten Knochen bilden, bei den Säugethieren als einen inneren Fortsatz des Bogens angesehen, aus welchem sich der Unterkiefer entwickelt, vielleicht aber dürfte die Analogie mit tieferstehenden Wirbelthieren später darauf führen, diesen Fortsatz als einen selbstständigen Kiemenbogen zu betrachten.

Der äußere Theil des ersten Kiemenbogens, welcher sich in weiter Krümmung von beiden Seiten her um die vordere Oeffnung des Mundbarmes herumschlingt, entwickelt in seiner Masse den Unterkiefer, und zwar in Folge höchst eigenthümlicher Vorgänge. Es bildet sich nämlich ein cylindrischer, gekrümmter Knorpelstab, welcher als ununterbrochenes Ganze von der Schädelkapsel, an die er anstößt, bis zur mittleren Vereinigung unter dem Darme sich fortzieht. Das oberste Ende dieses Knorpelstabes verknöchert und bildet den Hammer, das Wesentlichste der Gehörknöchelchen; das untere Ende aber verknöchert nie, sondern bildet gleichsam nur eine Axe, auf deren äußerer Fläche sich der Unterkiefer als eine Belegungsplatte entwickelt. Man hatte schon früher beobachtet, daß bei den Embryonen, und zwar beim menschlichen Fötus im dritten oder vierten Monate, auf der inneren Fläche des Unterkiefers in einer eigenen Rinne ein Knorpelstab sich befinde, welcher aus der Paukenhöhle hervorkommt nnd an seinem oberen Ende mit dem Hammer in Verbindung steht. Man nannte diesen Knorpelstab nach dem Entdecker den Meckel'schen Fortsatz des Hammers. Bei vielen Thieren bleibt dieser Knorpelstab das ganze Leben hindurch, und man braucht nur an einem gekochten Hechte auf der inneren Seite des Unterkiefers mit der Gabel das Fleisch wegzunehmen, um sich eine Anschauung der Verhältnisse zu verschaffen, wie sie bei dem Embryo sind. Man wird dann sehen, daß der Unterkiefer ein Knochenblatt darstellt, welches in Form einer Hohlkehle nach innen eingerollt

ist, und daß innerhalb dieser Hohlkehle ein Knorpelstab sich befindet, der die ganze Länge des Unterkiefers durchsetzt.

Der zweite Kiemenbogen, welcher weit kleiner ist als der erste, nimmt in seinem obersten Theile Antheil an der Bildung der Paukenhöhle, und entwickelt in seinem Inneren ebenfalls einen Knorpelstab, welcher in seinem oberen Theile verknöchert und wahrscheinlich den Steigbügel, jedenfalls aber den Griffelfortsatz des Schläfenbeines bildet. Der mittlere Theil dieses Knorpelstabes verschwindet oder verknorpelt sich vielmehr in ein faseriges Band, an welchem die vordere verknöcherte Hälfte, die das kleine Horn des Zungenbeines bildet, aufgehängt ist.

Der dritte Kiemenbogen enthält ebenfalls im Anfange einen Knorpelstab, welcher aber nur in seinem unteren Theile Veranlassung zu Knochenbildung giebt, indem er das große Horn des Zungenbeines, sowie dessen Körper bildet. Außerdem scheint dieselbe Masse des dritten Kiemenbogens an ihrer Vereinigungsstelle den Kehlkopf, diejenige des zweiten die Zunge hervorgehen zu lassen. Man hat behauptet, die Zunge sei eine Ausbildung der Vereinigungsstelle des ersten Kiemenbogens, allein es scheint mir, als weise die Anatomie der niederen Wirbelthiere hier einen kleinen Fehler der Beobachtung nach, der bei der Schwierigkeit der Untersuchung leicht begangen werden konnte. Der vierte Kiemenbogen entwickelt keine knöchernen Theile; er wird zur Bildung der fleischigen Bedeckungen des Halses verwendet.

Die ursprünglichen Kiemenspalten verschwinden durch Zusammenwachsen der einzelnen Bogen alle bis auf die erste Spalte, welche sich in die Mundöffnung umwandelt, und bis auf den oberen Theil der zweiten, die zur Bildung des mittleren Ohres verwendet wird. Die Verwachsung der Kiemenbogen selbst geht äußerst rasch vor sich, während die Verknöcherung nur langsam vorschreitet. Es ist aber ein allgemeines Gesetz der Knochenbildung in den Kiemenbogen, daß sich zuerst ungetheilte Knorpelstäbe bilden, um welche herum knöcherne Belegungsstäbe sich ablagern, die von außen her den primitiven Knorpel einhüllen. Bei dem Unterkiefer haben wir dies speciell nachgewiesen,

es gilt auch, wie man bei niederen Wirbelthieren ersehen kann, für die übrigen Kiemenbogen, welche sich bei diesen Thieren in weit größerer Ausdehnung entwickeln.

Wenn wir nun noch einen kurzen Blick auf die Entwickelung der Extremitäten werfen, so geschieht dies hauptsächlich nur, um zu zeigen, wie aus der ursprünglich plumpen Form die allmähliche Sonderung der speciellen Gestaltung hervorgeht. Die Extremitäten erscheinen in Gestalt rundlicher Flossen ohne irgend welche Sonderung in Finger oder einzelne specielle Abtheilungen. Erst später bildet sich die Spaltung der Finger aus, und zwar in der Weise, daß im Inneren der schaufelförmigen Flosse Knorpelstreifen entstehen, zwischen welchen allmählich die Substanz aufgesaugt wird. Es ist aus dieser Entstehungsweise erklärlich, daß oft Kinder geboren werden, bei welchen die Finger durch eine Art von Schwimmhaut mit einander verbunden sind.

Die Entwickelung des Skelettes im Ganzen giebt über mehrere Fragen von allgemeinerem Interesse Aufschluß, deren Erörterung hier um so mehr am Platz sein dürfte, als man sich oft und vielfach zu Begründung derselben auf die Entwickelungsgeschichte berufen hat. Mit dem Anfange unseres Jahrhunderts entwickelte sich zuerst in Deutschland ziemlich allgemein, dann auch in Frankreich bei einigen Männern die Ansicht, daß ein gemeinschaftlicher Urtypus sämmtlichen Skelettbildungen zu Grunde liege, und daß dieser Typus in dem Wirbel zu suchen sei. Den Schädel betrachtete man als eine eigenthümliche Ausbildung mehrerer Kopfwirbel, bei welchen hauptsächlich die oberen Bogenstücke in abnormer Weise zur Umhüllung des Gehirnes ausgebildet seien. In den Knochen der Schädelbasis suchte man die Körper dieser Wirbel, deren Zahl man je nach den verschiedenen Ansichten auf drei bis sechs oder gar noch mehr bestimmte. Man ging in diesen Bestrebungen so weit, nicht nur die Kopfwirbel selbst in allen ihren Stücken zu restauriren, sondern auch die Kiefer, die Kiemenbögen und die Gliedmaßen als seitliche Ausstrahlungen der Kopf- und Rumpfwirbel zu betrachten. Bald sollten die Kiefer Gliedmaßen, bald Rippen sein, und nicht nur

auf die Wirbelthiere beschränkte sich die Spekulationswuth der Wirbeltheoretiker, sondern auch auf die wirbellosen Thiere trug man diese Ansichten über, und suchte auf diese Weise, wenn ich mich so ausdrücken darf, das ganze Thierreich zu verwirbeln. Wenn man heutzutage einige jener Foliobücher zur Hand nimmt, welche von Urwirbeln, Zwischenwirbeln, Sekundar- und Tertiarwirbeln handeln, so begreift man wirklich kaum, wie es möglich gewesen sei, daß die Naturforscher eine zeitlang auf diese Weise im Dunkeln umhertappen konnten. Auch wurden diese romantischen Uebertreibungen baldigst von den besonnenen Naturforschern gewürdigt. Allein wenn man auch gegen dieselben protestirte, so blieb wenigstens so viel übrig, daß man allgemein annahm, der knöcherne Kopf sei nur eine modificirte Fortsetzung der Wirbelsäule. Man berief sich hierbei hauptsächlich auf die Resultate der Entwickelungsgeschichte, und es ist deshalb unsere Pflicht, hier in kurzem darzuthun, inwiefern diese Theorie durch Thatsachen unterstützt werde, oder nicht.

Es fragt sich hier zuerst, ob man an dem knöchernen Kopfe in der That Bildungen nachweisen könne, welche ihrer Entstehung nach durchaus in keinem Zusammenhange weder mit der Axe des Wirbelsystemes, der Chorda, noch mit den von denselben ausgehenden Belegungsmassen stehen, und die ebenfalls in ihrer Grundlage keine Beziehung zu dem Central-Nervensysteme zeigen? Als solche Bildungen sind uns bekannt geworden : die knorpeligen Kapseln, welche sich um die Ohrbläschen herumbilden und durch allmähliche Verknöcherung zum Felsenbeine werden. Als solche durchaus selbstständige Bildungen sind uns ferner bekannt geworden : die Nasenkapseln, aus welchen das Siebbein, die Riechmuscheln, das Pflugscharbein und der Zwischenkiefer sich entwickeln. Alle die genannten Knochen können demnach in keine Beziehung zu dem Wirbeltypus gebracht werden, und diese Ansicht theilen auch, wenn ich nicht irre, die meisten neueren Embryologen, welche diese Theile einem selbstständigen Kapselsysteme der Sinnesorgane beizuzählen geneigt sind.

Die Kiemenbogen mit den aus ihnen entstehenden Skelett-theilen zeigen ebenfalls eine völlige Unabhängigkeit von dem Wirbelsystem und durchaus selbstständige Ausbildung. Man hat dieselben als modificirte Rippen ansehen wollen, ohne indeß dafür andere Belege beibringen zu können, als die Thatsache, daß sie den Munddarm eben so umfassen, wie die Rippen die Brusteingeweide. Betrachtet man aber die Entstehung beider Theile in Vergleichung zu einander, so ergiebt sich eine so völlige Verschiedenheit, daß diese Ansicht als unhaltbar aufgegeben werden muß. Die Bildungsmasse, in welcher die Rippen entstehen, ist ein zusammenhängendes Gebilde, eine plattenförmige Ausbreitung von Embryonalmasse, in welcher die einzelnen Knorpelstäbe der Rippen sich sondern und später in ihrer Masse verknöchern. Niemals sind diese Rippen durch Spalten getrennt, niemals entsteht eine Rippe für sich gesondert in ihrer Anlage und verbindet sich erst später zu einem Ganzen; die Kiemenbogen dagegen gehen als isolirte Wärzchen hervor, die nach und nach einander entgegenkommen, durch Spalten getrennt sind, und deren Knorpelstreifen hauptsächlich durch Belegung mit Deckplatten verknöchern. Das System der Kiemengebilde ist demnach ein vollkommen eigenthümliches, das mit den Wirbeln in durchaus keiner Beziehung steht, was namentlich auch daraus hervorgeht, daß die Zahl dieser Bogen eine wechselnde ist bei verschiedenen Thieren, während die Zahl der Rippen genau der Zahl der Wirbel entspricht, welchen sie angehören.

Wie man die Extremitäten als Ausstrahlungen der Wirbel betrachten könne, ist einem gesunden Sinne vollends unbegreiflich, denn mit eben so vielem Rechte könnte man auch die Lungen, die Leber oder Gott weiß welche Organe als Ausstrahlungen der Wirbel betrachten, da alle diese Eingeweide eben so viel mit den Wirbeln zu thun haben, als die Extremitäten, nämlich durchaus gar Nichts.

Es bleiben uns also von den zahlreichen Knochen, die das Skelett zusammensetzen, nur die eigentlichen Wirbel und diejenigen Knochen, die an dem Schädel in näherer Beziehung zu der Chorda

oder dem Gehirne stehen. Um hier eine sichere Basis der Vergleichung zu gewinnen, fragt es sich zuerst, wie der Wirbel entstehe, und welche Kriterien man aufstellen müsse, um die Wirbelnatur irgend eines Gebildes zu erkennen.

Die Beantwortung dieser Frage ergiebt sich ganz von selbst aus dem Vorhergehenden. Ein Wirbelkörper entsteht nur als Ring um die Chorda; ohne Wirbelsaite ist seine Entstehung nicht denkbar; wo keine Chorda ist, kann auch kein Wirbel sich bilden. Der hintere wie der vordere Keilbeinkörper entstehen aus einer horizontalen, senkrecht durchbohrten Knorpelmasse; sie können demnach keine Wirbel sein.

Die Belegungsplatten der primitiven Gehirnkapsel bilden ebenfalls ein eigenes System. Bei den Säugethieren entstehen sie nur oben und an den Seiten; bei den Fischen ist eine solche Bildung von Belegplatten auch unten, unterhalb der Schädelbasis, zwischen ihr und der Mundschleimhaut, nachgewiesen, und die Knochen, welche man bei den gewöhnlichen Fischen als Keilbein und Pflugschar bezeichnet (das Schwert in dem Hechtskopfe), sind solche untere Belegungsplatten.

Man hat demnach Unrecht, den Schädel als eine modificirte Wirbelsäule zu betrachten. Das Ende der Wirbelsäule ist in dem Hinterhauptbeine, dem einzigen Schädelwirbel, gegeben; — die übrigen Theile gehören verschiedenen Systemen an, sind Ansätze, welche dem Wirbeltypus durchaus fremd sind.

Sechsundzwanzigster Brief.

Die Eingeweide.

Die Entwickelung der Eingeweide, und zwar vor allen Dingen diejenige des Darmrohres, als der primitiven Axe dieser sämmtlichen Gebilde, führt uns wieder in die ersten Zeiten der Embryonalbildung zurück, wo wir den Fruchthof aus zwei Blättern bestehend fanden, deren inneres, das vegetative oder Schleimblatt, unmittelbar die Dotterflüssigkeit berührte und einen Sack darstellte, der an der Stelle des Fruchthofes durch Zellenanhäufung verdickt war. Die Ausbildung dieser flächenartigen Verdickung zu einem geschlossenen Rohre, welches anfangs einem ganz geraden Hohlcylinder gleicht, geschieht in der Weise, daß der Embryo sich allmählich von dem Dotter abhebt und gegen diesen letzteren abschnürt. Die Schließung der Bauchhöhle und ihrer Wandungen sowohl als auch diejenige des Darmrohres sind die Folgen dieses Prozesses. Der Embryo liegt nämlich im Beginn seiner Entwickelung, wie wir schon früher erwähnten, flach auf der Dotterflüssigkeit auf, und der Fruchthof geht in seiner ganzen Umgebung rundum in die beiden Säcke über, welche als Fortsetzungen des serösen und des Schleimblattes den Dotter umhüllen. Sobald nun der Embryo sich mehr und mehr ausbildet, hebt sich zuerst der Kopf des Embryo vollständig von dem Dotter ab. Die Abschnürung schreitet an der unteren Fläche des Halses durch das Hervorsprossen der Kiemenbogen nach hinten zu fort. Mit der ganzen Bauchfläche des Stammes liegt nun der Embryo anfangs noch flach auf dem Dotter auf, allmählich erhebt er sich aber auch hier und schließt sich von vorn und hinten

gegen die Mitte hin fortschreitend von dem Dotter ab. Ich kann kein besseres Bild dieses Vorganges geben, als indem ich meine Leser ersuche, mit beiden Händen an einem Strickstrumpfe, der theilweise über eine Stopfkugel gebreitet ist, eine Falte zu bilden. Die Stopfkugel stellt hier die Dotterflüssigkeit vor, der Strickstrumpf die Keimhaut, welche diese Dotterflüssigkeit einschließt. Nähme man zwei Strümpfe über einander, so würde der innere Strumpf dem Schleimblatte, der äußere dem serösen Blatte entsprechen. Indem man mit beiden Händen in diesen Strümpfen eine Falte zu ziehen versucht, wird man genöthigt sein, die Strümpfe etwas von der Kugel abzuziehen und in die Höhe zu heben. Wenn man sich nun vorstellt, daß die Ränder dieser Falte, da wo man sie zuerst gefaßt hat, mit einander zusammengenäht würden, und daß dieses Zusammennähen von beiden Seiten her gegen den Mittelpunkt der Falte fortgesetzt würde, bis man die Falte in ihrer ganzen Ausdehnung zusammen genäht hätte, so wird diese ganze Handlung ein richtiges Bild von den Entwickelungsvorgängen bei dem Embryo geben. Im Anfange, wo man das Zusammennähen der Falte begann, bildete diese, von der Stopfkugel her betrachtet, eine lange Rinne, die nur an beiden Enden abgeschlossen war und so etwa im Ganzen die Gestalt eines Weberschiffchens bot. Je mehr man mit dem Zunähen gegen die Mitte hin fortfuhr, desto mehr wurde diese Rinne geschlossen, zuletzt blieb nur noch ein mittleres Loch, nach dessen endlicher Zusammennähung die ganze Falte in ein Doppelrohr verwandelt wurde, welches nach der Stopfkugel hin keine Oeffnung mehr zeigte.

Wir haben so eben bildlich die Geschichte des primitiven Darmrohres sowohl, als auch der Bauchwände geliefert. Zuerst schließt sich von vornen nach hinten das seröse Blatt allmählich ab und bildet so die Bauchwände, die indessen in ihrer Fortsetzung, Statt den Dotter zu überziehen, sich an das Chorion anlegen und in der früher beschriebenen Weise den Sack des Amnios bilden. Die Vereinigungsstelle der Bauchwände bleibt als Nabel lange offen, um die Gefäße der Placenta durchtreten zu

lassen. Nach dieser Abschnürung beginnt auch diejenige des Schleimblattes, die sich endlich bis auf eine mittlere Oeffnung vollendet, welche man den Darmnabel genannt hat, und wodurch die Höhle des Darmrohres mit dem Inhalte der Nabelblase in Verbindung steht. Das Darmrohr bildet demnach, sobald es einmal auf dieser Stufe angelangt ist, ein vollkommen geschlossenes Rohr, welches in der Längsaxe des Körpers liegt und weder hinten noch vorn eine Oeffnung hat. Die Wände desselben sind verhältnißmäßig außerordentlich dick, die innere Höhlung nur gering, und das ganze Rohr eigentlich nur ein gerader, aus Zellen zusammengesetzter hohler Cylinder, dessen vorderes Ende unmittelbar über dem Herzen in der Nähe des letzten Kiemenbogens sich befindet, während das hintere Ende in geringer Entfernung von dem Rumpfende sich befindet.

Sobald die Kiemenbogen sich gegen einander geschlossen und so die trichterförmige Höhle gebildet haben, die anfangs als vorderer Eingang des Darmsystemes existirt, bricht die vordere Verschließung des Darmrohres durch und bildet so mit der Kiemenhöhle eine continuirliche Röhre. Aehnliches geschieht an dem hinteren Theile, wo sich der Angabe der Schriftsteller zufolge eine blinde Grube dem Ende des Darmes entgegen stülpt, diese endlich erreicht und die Zwischensubstanz zwischen beiden verschwindet. Sobald Mund und After in dieser Weise einmal angelegt sind, beruht die weitere Entwickelung des Darmes hauptsächlich auf schnellem Auswachsen der Röhre, wodurch diese sich verlängert und schlingenartig zusammenlegt. An einer Stelle, und zwar nahe an der vorderen Eingangsstelle des ursprünglichen geraden Darmrohres, bläst sich dieses etwas auf und bildet auf diese Weise den Magen, der ursprünglich in der Längsaxe des Körpers gelegen ist, allmählich aber sich dreht und eine quere Stellung einnimmt. In das Einzelne der Schlingenbildung des Darmrohres, die Verwickelung des Gekröses und der Netze hier einzugehen, würde einestheils zu weit führen, anderntheils auch durchaus unfruchtbar sein, da diese Vorgänge wirklich nur dann begriffen werden können, wenn man sie an

Embryonen selbst untersucht. Figuren führen hier durchaus zu keinem klaren Verständnisse, und noch weniger können dies Beschreibungen thun, die selbst demjenigen, der die Anatomie des Erwachsenen vollkommen genau kennt, kein anschauliches Bild zu geben vermögen.

Mit dem Darmrohre in Verbindung stehen einige Drüsen, unter welchen die Leber und die Bauchspeicheldrüse die wichtigsten sind. Da man sehr richtig erkannte, daß die Schleimhaut, welche die Gänge dieser Drüsen auskleidet, gleichsam nur eine Fortsetzung der inneren Darmschleimhaut sei, so glaubte man hieraus folgern zu dürfen, daß diese Drüsen nur Ausstülpungsbildungen des Darmes seien. Wenn man schon durch die Faltungen der Keimhautblätter die Bildungen mancher Organe zu erklären suchte, so kostete es Nichts, anzunehmen, daß das Darmrohr an einer gewissen Stelle einen seitlichen Blindsack treibe, daß dieser Blindsack allmählich auswachse, sich mehr und mehr verästele und so nach und nach die zahlreichen Blindgänge und Kanäle des Drüsengewebes darstelle. Diese Theorie der Drüsenausstülpung, welche man bald generalisirte, stützte sich indeß auf Thatsachen, welche ihr einigen Halt gaben. Man hatte beobachtet, daß die Drüsen in ihrer ursprünglichen Anlage kleine knotenförmige Hügel bildeten, welche dem Darmrohre unmittelbar aufgesetzt waren, daß sie nur wenige und kaum verästelte Kanäle im Inneren zeigten, und daß die Zahl dieser Kanäle und ihre Verästelung mehr und mehr mit der Entwickelung des Embryo zunahm.

Die neuere Zeit, indem sie uns mit dem Zellenleben bekannt machte, konnte auch den richtigen Schlüssel zu diesen Erscheinungen geben, und während sie die mechanischen Vorstellungen, die sich mit der Ausstülpungstheorie verbunden hatten, zurückwies, zeigte sie zugleich, daß der Ausstülpung selbst einige Wahrheit zu Grunde liege. Man hat in neuerer Zeit hauptsächlich bei Fischen und Säugethieren die Bildung der Leber verfolgt, und wenn auch in dem Einzelnen einige Verschiedenheiten sich zeigen, so ist doch im Ganzen der Prozeß der nämliche.

Bei den so durchsichtigen Fischembryonen bemerkte man, daß nach der theilweisen Schließung des Darmrohres am vorderen Ende desselben eine ziemlich bedeutende compacte Zellenanhäufung sich zeigte, in welcher anfangs durchaus keine Höhlung zu bemerken war. Nach und nach entstehen in dieser Zellenmasse durch Auseinanderweichen zwei blindsackähnliche Höhlen, deren eine in gerader Richtung nach vorn hin sich ausbildet, während die andere, nach unten abweichend, sich krümmt. Die vordere dieser Höhlen bildete die bei den Fischen so kurze Speiseröhre; der mehr nach unten gerichtete Blindsack, um welchen sich die größere Menge von Zellen anhäufte, entsprach der Leber. Die Bildung der Drüsenkanäle schritt nun in der Weise fort, daß die anfangs compacten Zellenmassen auseinanderwichen und stets mehr und mehr verzweigte Gänge bildeten, die sich endlich so verästelten, daß man ihrer ferneren Entwickelung kaum mehr folgen konnte. Diesen Beobachtungen zufolge sind demnach die Drüsengänge unzweifelhaft Intercellulargänge, entstanden durch das Auseinanderweichen ursprünglich compacter Zellenmassen. Man kann in gewisser Beziehung sagen, daß sich die Darmhöhle allmählich in die compacte Zellenmasse der Drüse hineingebildet habe, und in diesem Sinne kann man auch die Ausstülpung des Darmes in die Drüse hinein vertheidigen.

Bei den Säugethieren hat man, in der letzten Zeit namentlich, die Entwickelung der Leber in ihrem Uranfange ebenfalls beobachtet. Die Wände des Darmrohres sind hier aus äußerst dicken Zellenlagen gebildet, und längs der inneren Fläche scheidet sich schon sehr frühe eine aus helleren Zellen bestehende dünne Schicht ab. Die erste Anlage der Drüse zeichnet sich nun als eine kaum bemerkbare Verdickung aus, welcher eine kleine Ausbiegung der hellen, inneren Darmlage entspricht. Je mehr sich nun dieser Höcker entwickelt, desto weiter bringt auch diese Ausbiegung vor und bildet fortwachsende, sich verästelnde Höhlungen, die von der ursprünglichen Ausbiegung der inneren Darmlage ausgehen. Diese Aushöhlungen entstehen stets auf Kosten compacter Zellenmassen, welche anfangs schon im Inneren des Ge-

sammthaufens als solide Stränge erscheinen, die späteren Hohlgänge gleichsam verzeichnen und sich durch Auseinanderweichen in der Axe aushöhlen. Man sieht also, daß auch hier die Drüsenkanäle anfänglich hohle Intercellularräume darstellen, und daß ihre Haut, welche den Drüsenkanal auskleidet, wahrscheinlich auf die Weise entsteht, daß die auseinandergewichenen Zellen mit einander verschmelzen und eine membranöse Schicht bilden.

In denjenigen Drüsen, welche von Anfang an in keinem Zusammenhange mit dem Darmrohre stehen, wie z. B. in den Hoden, entwickeln sich die Drüsenkanäle dennoch auf ganz analoge Weise. Diese Organe stellen anfänglich eine compacte Zellenmasse dar, in welcher sich nach und nach durch Auseinanderweichen verzweigte Intercellularräume bilden, die erst später mit dem Ausführungsorgane in Verbindung treten.

Die Leber ist von allen drüsigen Organen der Bauchhöhle dasjenige, welches bei dem Embryo in weit bedeutenderem Maße entwickelt ist, als selbst im Erwachsenen. Diese verhältnißmäßig so ansehnliche Größe der Leber, die um so bedeutender ist, je jünger die Embryonen sind, erklärt sich leicht aus der innigen Beziehung, in welcher diese Drüse bei dem Fötus zu der Entwickelung des Blutes steht; eine Beziehung, von welcher wir später, bei dem Blutsysteme, einiges Nähere angeben werden.

Die Lungen sind hinsichtlich ihrer Entwickelung noch nicht so genau bekannt, als dies wohl wünschbar wäre. Sie scheinen mit dem Kehlkopfe, der Luftröhre, dem Schlundkopfe und der Speiseröhre aus einer und derselben Zellenmasse zu entstehen, die sich erst nach und nach differenzirt. Bei den jüngsten Säugethierembryonen, bei welchen man überhaupt die Lungen erkennen konnte, sah man hinter der Kiemenhöhle in einer ziemlich dicken Zellenmasse eine blasenförmige Erweiterung, die nach hinten zu in zwei seitliche flaschenförmige Blindsäcke endigte, zwischen welchen in der Mitte die gerade Speiseröhre herabstieg. Es war also etwa hier ein Verhältniß, wie man es bei den Fröschen bleibend ausgebildet findet, wo ebenfalls unmittelbar aus einer gemeinschaftlichen Höhle die blasenförmigen Lungensäcke und die

Speiseröhre ausgehen. In späteren Zeiten sah man bei den Embryonen die beiden Lungen in Form kolbiger Hügel, die unmittelbar der Speiseröhre aufzusitzen schienen, bei genauerer Untersuchung aber mit einer isolirten Luftröhre in Verbindung standen, die hart an der vorderen Wand der Speiseröhre anlag, durch Druck aber sich von derselben trennen ließ. Es scheint demnach, daß anfänglich nur eine gemeinschaftliche Anlage für diese Organe vorhanden ist, und daß die ursprünglich einfache Röhre, in welche die Lungen und die Speiseröhre münden, sich bei fortschreitender Entwickelung in Luftröhre und Kehlkopf einerseits, Schlundkopf und oberen Theil der Speiseröhre anderseits trenne.

Die Verzweigungen der Kanäle, welche das Lungengewebe durchsetzen, scheinen in ähnlicher Weise sich auszubilden, als in den Drüsen, obgleich ihre vollständige Ausbildung nur erst spät eintritt, wie denn die Lungen überhaupt während des Embryonallebens durchaus nicht diejenige Bedeutung haben, welche ihnen später zukommt. Bei den Erwachsenen geht, wie wir früher gesehen haben, das sämmtliche Blut durch die Lungen, um hier in Berührung mit der atmosphärischen Luft die gasförmigen Stoffe auszutauschen. Bei dem Embryo kann kein Zutritt der atmosphärischen Luft Statt finden, und die Lungen haben deshalb keine größere Blutzufuhr, als diejenige, welche nöthig ist, das Organ zu ernähren. Die große Masse des Blutes geht, wie wir später sehen werden, an den Lungen vorbei durch einen eigenen Kanal, welcher aus der Lungenarterie in die Aorta führt. Bis zu der Geburt erscheinen daher die Lungen mehr als compacte drüsige Organe, welche die Brusthöhle nur zum Theil ausfüllen, und namentlich im Verhältniß zu dem Herzen um so kleiner sind, je jünger der Embryo ist.

Die Harn- und Geschlechtsorgane, als die letzte Gruppe der Baucheingeweide, haben von jeher den Embryologen sehr viel zu schaffen gemacht, da sowohl die äußeren Metamorphosen, welche sich im Bereiche dieser Organe zeigen, äußerst mannigfaltig sind, als auch die inneren Theile derselben sehr merkwür-

dige successive Veränderungen eingehen. Es war zuerst in der Schärfe dieser Organe, daß man von der Unvollständigkeit jener Theorie sich überzeugen mußte, welche alle Organe ohne Ausnahme durch Faltungen der ursprünglichen drei Blätter der Keimhaut entstehen lassen wollte. Man wußte nicht, welchem von beiden Blättern, dem Gefäß- oder dem Schleimblatte, man die inneren keimbereitenden Geschlechtsorgane zuschreiben solle, und bei den äußeren Harn- und Geschlechtsorganen kamen gar alle drei Blätter in einen solchen Conflict, daß es unmöglich war, sich herauszufinden. In jetziger Zeit ist man wohl über die Entwickelung dieser Organe im Reinen. Sie entstehen nicht aus den ursprünglichen Blättern der Keimhaut in der Weise, wie das centrale Nervensystem oder der Darmkanal, sondern sie entwickeln sich aus nachträglich abgesonderten Zellenmassen, die ursprünglich isolirt für sich dastehen und erst später mit den Gebilden des Schleimblattes in Verbindung treten. So lange man noch absolut in der Theorie der drei Blätter befangen war, konnte man diese isolirte Entstehungsweise der in Rede stehenden Organe freilich nicht anerkennen, wenn auch die Beobachtungen darauf hinwiesen.

Schon bei sehr jungen Embryonen, bei welchen die Darmrinne kaum angelegt ist, zeigt sich auf der inneren Fläche der entstehenden Wirbelsäule über der Darmrinne eine lang gestreckte Anhäufung von Bildungsmaterial, welche sich in Form zweier seitlicher Streifen von dem Herzen bis gegen das Rumpfende hin fortzieht. Betrachtet man diese Bildungsmasse näher, so sieht man, daß jeder Streifen aus einer Reihe kolbiger Fortsätze besteht, die etwa aussehen wie die Zähne eines Kammrades. Die abgerundeten Enden dieser Kammzähne sind gegen die Mittellinie hingewendet, während man zu beiden Seiten nach Außen zwei compacte Streifen bemerkt, in welchen die Basen der Kammzähne zusammenfließen. Anfangs sind diese beiden Streifen mit ihren Kammzähnen solid, Aggregationen compacter Zellenmassen, die sich aber später aushöhlen, und nun, wie leicht begreiflich, eine Reihe von queren Blindsäcken darstellen, deren kolbige Enden gegen die Mittellinie zugekehrt sind, während sie sich sämmtlich

in zwei gemeinschaftlichen, auf der äußeren Seite verlaufenden Ausführungsgängen öffnen. Nach und nach verknäueln sich diese queren Schläuche so unter einander, daß sie ein compactes Organ darstellen, eine förmliche symmetrische Drüse, welche zu beiden Seiten der Wirbelsäule durch die ganze Länge der Bauchhöhle sich hinabzieht, und deren Ausführungsgang sich in die Allantois oder den Harnsack öffnet.

Man hat diese Organe nach ihrem ersten Entdecker die Wolffischen Körper, die Ur- oder Primordial-Nieren genannt. Sie finden sich bei allen Embryonen in der angegebenen Weise, doch in größerer oder geringerer Erstreckung, und sind um so stärker entwickelt, je jünger der Embryo ist. Ebenso kann man im Allgemeinen sagen, daß sie um so früher verschwinden, einer je höheren Klasse der Embryo angehört. Bei den Fischen bestehen diese Organe das ganze Leben hindurch und werden gemeiniglich mit dem Namen der Nieren bezeichnet. Man braucht bei dem ersten besten Fische nur die Baucheingeweide sämmtlich zu entfernen, so wird man zunächst an der Wirbelsäule, von einer fibrösen Haut verdeckt, die Nieren oder vielmehr die Wolffischen Körper in Gestalt eines langgestreckten Organes von meist dunkel schwärzlicher Farbe finden, das deutlich seine Zusammensetzung aus zwei Hälften zu erkennen giebt. Bei den Amphibien, besonders den Fröschen, bestehen die Wolffischen Körper nur während der Zeit des Larvenlebens, und zwar zeigen sie sich hier nur in dem oberen Theile der Bauchhöhle entwickelt. Bei Reptilien und Vögeln finden sie sich während der ganzen Zeit des embryonalen Lebens, verschwinden aber allmählich gegen das Ende desselben. Bei den Säugethieren erhalten sie sich höchstens bis zu der Mitte des Fötuslebens, und bei den Menschen entwickeln sie sich nur höchst wenig und verschwinden schon gänzlich in dem zweiten Monat.

Es war natürlich, daß man sich vom Anfang an mit der Frage nach der Bedeutung dieser räthselhaften Organe beschäftigte, welche nur eine embryonale Existenz besitzen und mit dem Auftreten der eigentlichen Nieren zu Grunde gehen. Jetzt, wo man weiß, daß sie zugleich mit der Allantois entstehen, kann es wohl

[illegible] daß sie wirkliche Drüsen sind, [illegible] Zusammen- [illegible] Der Bau dieser Wolff'schen Körper ist [illegible] Entwickelung [illegible] [illegible] Die Function der Wolff'schen Körper [illegible] in der nämlichen Beziehung [illegible] der Nieren zu [illegible] Der Harnsack ist das [illegible] bei den niederen Wirbelthieren [illegible] Wolff'schen Körper [illegible] und seine Entwickelung [illegible] Ausbildung der [illegible] bei dem Menschen, wo der Harnsack [illegible] eine sehr geringe Ausbildung [illegible] geringe Stufe der Entwickelung [illegible] merkwürdige Beziehungen [illegible] man kann wohl mit [illegible] Wolff'sche Körper, [illegible] wechselseitig bedingen. [illegible] im Verhältniß [illegible] indeß über diese [illegible] ertheilen, als alle anatomischen [illegible].

Die Nieren [illegible] in einem bestimmten [illegible] zu den Wolff'schen Körpern, obgleich auch [illegible], daß sie aus Keimen und aus den [illegible] der Wolff'schen Körper sich entwickelten. Sie entstehen [illegible] aus einer besonderen Bildungsmasse, welche sich auf der Rückenfläche der Wolff'schen Körper zwischen diesen und der Wirbelsäule ansammelt, und dort zwei ovale solide Zellenanhäufungen bilden, die man von der Bauchfläche her erst ansichtig wird, sobald man die Wolff'schen Körper entfernt hat. Die Harnkanäle entstehen in den Nieren durchaus so, wie in den übrigen Drüsen, durch Auseinanderweichen der ursprünglich soliden Zellenmassen. Schon von Anfang an scheint von der ovalen Zellenanhäufung der Nieren ein solider Zellenstrang auszugehen,

der nach unten hin sich erstreckt, sich später aushöhlt und den Harnleiter mit dem Nierenbecken bildet. Erst wenn die Entwickelung der Nierenkanäle im Inneren der soliden. Zellenanhäufung einen gewissen Grad erreicht hat, erhält die Niere ein traubiges oder lappiges Ansehen, das dadurch hervorgebracht wird, daß das Zellenmaterial sich mehr um die einzelnen Drüsenkanäle zusammendrängt und dort dichter erscheint, als in den Zwischenräumen. Man hat behauptet, dieses lappige Ansehen der Nieren, welches bei manchen Thieren, wie z. B. dem Bären, während des ganzen Lebens sich erhält, bezeichne die primitive Anordnung dieser Drüse, die aus einzelnen Läppchen zusammenwachse, und auf diese falsche Ansicht gestützt, hat man noch neuerdings gewagt, die schwindelndsten Theorieen hinsichtlich der Vergleichung des Embryo mit niederen Säugethieren aufzustellen. Man sieht, daß diese Phantasieen durchaus durch die Beobachtungen widerlegt werden.

Die keimbereitenden Geschlechtsorgane, Hoden und Eierstöcke, scheinen etwa in gleicher Zeit mit den Nieren, oder selbst kurz vor diesen aufzutreten. Sie entwickeln sich aus einem isolirten Häufchen von Zellenmaterial, welches einen länglichen Streifen bildet, das an dem inneren Rande der Wolffischen Körper, und zwar auf der Bauchfläche derselben, sich ablagert. Durch diese Lagerung ist es allein möglich, die keimbereitenden Geschlechtsorgane von den Nieren zu unterscheiden, da sehr bald die ursprünglich längliche Form derselben mehr rundlich wird und dadurch derjenigen der Nieren näher tritt. Es ist begreiflicher Weise in den ersten Zeiten unmöglich, Hoden und Eierstöcke von einander zu unterscheiden, da beide aus einem Häufchen Zellenmaterial zusammengesetzt sind, das noch keine specifisch gesonderten Gewebetheile in sich entwickelt hat. Indeß bildet sich diese Verschiedenheit schon sehr bald aus, indem der Hoden mehr rundlich wird und im Inneren die röhrigen Samenkanäle zeigt, während der Eierstock platt und länglich bleibt, zugleich sich schief stellt und nach und nach die quere Position einnimmt, welche er bei dem Erwachsenen hat. In den Eierstöcken der höheren Thiere

entwickeln sich ferner niemals solche Röhren, wie in den Hoden, sondern im Gegentheile die von Anfang an in sich abgeschlossenen Follikel, welche nach den neuesten Beobachtungen unmittelbar um das primitive Keimbläschen sich bilden und später bei Anlagerung des Dotters sich vergrößern. Die ausführenden Geschlechtstheile, nämlich Samenleiter und Eileiter, entwickeln sich zur Seite des Ausführungsganges des Wolffischen Körpers in der Weise, daß sie anfänglich solide Stränge darstellen, die an der inneren Seite dieser Ausführungsgänge sich hinziehen, dann hohl werden und an dem vorderen Ende, wo sie an die keimbereitenden Organe anstoßen, eine längliche Spalte als Mündung besitzen. Bei dem weiblichen Geschlechte bleibt diese offene Spalte als Trichter des Eileiters zurück; — bei dem männlichen Geschlechte hingegen verwächst das anfangs offene vordere Ende auf noch nicht näher erörterte Weise mit dem Hoden und bildet so wahrscheinlich den Nebenhoden mit dem Samengang. Die ausführenden Geschlechtsorgane entwickeln sich demnach durchaus isolirt von den keimbereitenden, mit denen sie erst in späterer Zeit bei dem männlichen Geschlechte wenigstens zusammentreten.

Es läge uns hier noch ob, des Genaueren einzugehen auf die Bildung der äußeren Geschlechtstheile, sowie des Reservoirs, die sich an den Harn- und Geschlechtsorganen in verschiedener Weise ausbilden. Die Entstehung der Harnblase verdient hier vor allem eine nähere Berücksichtigung, da sie mit derjenigen des Harnsackes in näherer Beziehung steht, der, wie wir oben gesehen haben, zur Ausbildung der Placenta so Vieles beiträgt und für die Ernährung des Fötus eine höchst wichtige Rolle spielt. Der Harnsack selbst scheint aus zwei ursprünglich getrennten Zellenmassen zu entstehen, welche aus dem hinteren Körperende hervorwuchern und ursprünglich durchaus solide Massen darstellen. Diese beiden Zellenhügel vereinigen sich indeß sehr bald, werden hohl und treten nun mit dem Darmkanal in nähere Verbindung, so daß die Höhle des Harnsackes in das hintere Ende des Darmes einmündet. Man glaubte aus diesem Grunde früher, wo man die anfängliche Entste-

hungsweise des Harnsackes noch nicht kannte, daß derselbe eine blasenartige Ausstülpung der Bauchfläche des Darmrohres sei. Der Harnsack wächst, wie wir früher gesehen haben, sehr schnell über den Embryo hinaus, legt sich mit seinem kolbigen Ende an die zottige Fläche des Chorion an, und leitet auf diese Weise die Nabelgefäße zu der Ansatzstelle der Placenta. Indem nun die Bauchdecken des Embryo von allen Seiten her gegen den Nabel sich schließen, wird der Harnsack in seiner Mitte zusammengeschnürt und, gleich einem Zwerchsacke, in zwei Hälften getheilt : eine äußere, die vom Nabel zur Placenta reicht, bei den Menschen sehr bald verkümmert und den soliden Nabelstrang bilden hilft, und eine innere, welche in den Bauchdecken eingeschlossen von dem Nabel bis zu dem hinteren Darmende sich erstreckt. Die hintere Portion dieses inneren Sackes wird zur Harnblase, während die vordere ebenfalls in einen soliden Strang sich umwandelt, welchen man bei dem Erwachsenen unter dem Namen des Harnstranges oder Urachus kennt.

Es geht aus dieser Darstellung hervor, daß ursprünglich für den ganzen unteren Theil der Geschlechts- und Harnorgane, sowie des Darmes, nur eine gemeinschaftliche Höhle existirt, in welche die Allantois auf der vorderen Fläche einmündet. Zuerst trennt sich nun der Darm von dem Harnsacke und den ausführenden Harn- und Geschlechtstheilen, welche in den Harnsack einmünden. Es hat demnach dann der Fötus eine gemeinschaftliche Ausmündung für die Harn- und Geschlechtsorgane, eine andere für den Darm. Diejenigen Theile, welche wir bei den Erwachsenen als äußere bezeichnen müssen, fehlen durchaus. Die Entwickelung derselben, namentlich aber ihr Verhältniß zu den ausführenden Organen, ist noch in manches Dunkel gehüllt, und wir können um so weniger in dieselbe eintreten, als sie eine Kenntniß der Anatomie dieser Theile voraussetzen würde, die wir aus leicht begreiflichen Gründen nicht näher behandelt haben. So viel muß indeß hier bemerkt werden, daß die Form der äußeren Geschlechtstheile ursprünglich bei beiden Geschlechtern außerordentlich ähnlich ist, und daß es nur

leichter Hemmungen in der Entwickelung dieser oder jener Theile bedarf, um jene mannigfaltigen Mißbildungen zu erzeugen, die man öfter als Hermaphroditen ausgegeben hat. Bei den meisten dieser Mißbildungen ist das Geschlecht sehr deutlich durch die Struktur der inneren keimbereitenden Organe zu erkennen, wenn auch die äußeren Theile noch so sehr abweichen. Daß beide Geschlechter auf einem und demselben Individuum vereinigt sein könnten, ist bei den höheren Säugethieren und dem Menschen durchaus undenkbar, weshalb man auch bei diesen Geschöpfen nicht von Hermaphroditismus im eigentlichen Sinne des Wortes reden kann. Aus der früheren Aehnlichkeit der äußeren wie der inneren Geschlechtstheile, aus der Unmöglichkeit, Hoden und Eierstöcke von Anfang an zu unterscheiden, hat man eine Menge der lächerlichsten Ansichten über anfängliche Geschlechtslosigkeit, ursprüngliche Weiblichkeit des Embryo u. s. w. ausgesponnen, die begreiflicher Weise keiner Beachtung werth sind. So gewiß als das Ei ursprünglich die Anlage zu allen Organen des Embryo in sich schließt, wenn dieselben auch nicht sichtlich hervortreten, so gewiß befindet sich auch von Anfang an in ihm die Anlage der speciellen Geschlechtsorgane, die dann in die äußere Erscheinung treten, wenn es der Typus der Gattung erfordert.

Siebenundzwanzigster Brief.

Das Blutgefäßsystem.

Bei der Entwickelung des Blutgefäßsystemes kommen so mannichfach verwickelte Processe in Betracht, daß es nothwendig erscheint, die Ausbildung dieses so wichtigen Systemes je nach seinen verschiedenen Elementartheilen zu betrachten. Es wird deshalb ersprießlich sein, zuerst von der Entstehung des Herzens, des ersten Kreislaufes, des Blutes und der Gefäße zu sprechen, und dann erst anzudeuten, in welcher Weise die ursprünglichen Anlagen des Blutsystemes sich umgestalten, um diejenige Form des Kreislaufes hervorzubringen, die wir schon früher aus dem Erwachsenen kennen gelernt haben.

Die älteren Beobachter hielten so ziemlich allgemein dafür, daß das Herz das erste Organ sei, welches bei dem Embryo sich bilde, und in Folge dieses Beobachtungsfehlers glaubten sie, daß von dem Herzen als Centralpunkt aus eigentlich die Entstehung sämmtlicher anderer Organe bedingt werde, und das Herz demnach eben so wichtig für die Embryonalbildung sei, als es für das spätere Leben erscheint. Der Irrthum in der Beobachtung rührte hauptsächlich von dem Umstande her, daß die älteren Beobachter die so durchsichtigen Uranlagen des Nervensystemes übersahen, das Herz dagegen seiner rothen Farbe und lebhaften Bewegungen wegen bald unterschieden. Wenn indeß diese Ansicht auch durch spätere Untersuchungen sich als falsch erwiesen hat, so kann dennoch das frühzeitige Erscheinen des Herzens als ein wesentlicher Charakter der Wirbelthiere angesehen

werden. Bei vielen wirbellosen Thieren ist das Herz das letzte Organ, dessen Anlage man unterscheiden kann; bei allen ohne Ausnahme sind die meisten Organe des Leibes schon auf einer bedeutenden Stufe der Ausbildung angelangt, ehe das Herz sich zu zeigen beginnt. Bei den Wirbelthierembryonen hingegen muß man, um die erste Bildung des Herzens zu sehen, auf die früheste Zeit der embryonalen Entwickelung zurückgehen, auf diejenige Zeit nämlich, wo der Embryo noch ganz flach mit der Bauchfläche über dem Dotter ausgebreitet ist und die primitiven Hirnblasen, die Chorda und die ersten Wirbelplatten eben angelegt sind. Der Embryo beginnt zu dieser Zeit mit dem Kopfende sich von der Dotterfläche abzuheben. Während nun das Kopfende sich loslöst und eine untere freie Fläche zeigt, erblickt man an dieser Bauch- oder Dotterfläche des Kopfes eine cylindrische Zellenanhäufung, welche in der ganzen Länge des Kopfes von vorn nach hinten verläuft. Etwa in der Gegend, wo das Nachhirn endet, oder noch ein wenig hinter diesem Orte, nämlich an der Stelle, wo die vorderen Extremitäten hervorbrechen werden, läuft diese Zellenanhäufung in zwei seitliche Schenkel aus, die sich unbestimmt nach der Seite hin über die Gränze des Embryo's ausdehnen und auf der Dotterfläche verlieren, ohne genau begränzt werden zu können. Dieser solide, hinten zweischenkelige Zellencylinder ist die Uranlage des Herzens, die anfangs ganz horizontal und gerade auf dem Dotter liegt, oder vielmehr zwischen dem Vorderende des Embryo nach außen und dem Schleimblatte nach innen eingeschlossen ist. Bei den Säugethieren, wo durch die Entwickelung der Kopfbeuge der vordere Theil des Kopfes, wie oben ausgeführt wurde, gegen den Dotter hin eingeknickt wird, behält das Herz so ziemlich seine horizontale Lage, bei den Fischen aber z. B., wo die Kopfbeuge nur angedeutet, die Nackenbeuge aber etwas stärker entwickelt ist, stellt sich das Herz zu einer gewissen Zeit des Embryonallebens fast senkrecht gegen die Körperaxe.

Bei diesen letzteren Thieren, deren Embryonen außerordentlich durchsichtig sind, kann man sich sehr leicht überzeugen,

daß das Herz ursprünglich eine vollkommen solide Zellenmasse darstellt, die keine Höhlung in ihrem Inneren enthält. Nach und nach entwickelt sich diese Höhlung in der Axe des Herzstranges, und zwar wahrscheinlicher Weise durch Auseinanderweichen, vielleicht auch durch theilweise Auflösung der Zellen, die in dem Centrum des Stranges sich befinden. Sobald diese innere Höhlung angelegt ist, beginnen auch die abwechselnden Zusammenziehungen des Herzens, obgleich dasselbe nur noch aus einfachen runden Zellen besteht, welche sich noch nicht zu Fasern ausgebildet haben. Die meisten neueren Beobachter haben sich von dieser Thatsache überzeugt, und manche derselben haben in diesen Zusammenziehungen eines nur bloß noch aus Zellen zusammengesetzten Organes mit vollem Rechte einen Beweis der Contraktilität der ursprünglichen Zellenmembranen gesehen. Gewiß ist auch, daß die Höhle des Herzschlauches in der ersten Zeit ihrer Bildung durchaus für sich abgeschlossen ist, daß diese Höhle anfänglich weder nach vorn in Gefäße des Embryo, noch auch nach hinten in die beiden Schenkel der Herzanlage sich fortsetzt, und daß die in ihr befindliche Flüssigkeit durch die rhythmischen Zusammenziehungen des Herzschlauches abwechselnd hin- und herbewegt wird, ohne einen Ausgang zu finden. Man kann dies am leichtesten aus dem Umstande ersehen, daß öfters einige Zellen von der inneren Herzwand sich loslösen und dann in der Herzhöhle mit der darin enthaltenen Flüssigkeit auf und nieder getrieben werden, ohne aus dem Herzschlauche entweichen zu können.

Es geht aus diesen Beobachtungen, in welchen die neueren Forscher bei den verschiedensten Thieren übereinstimmen, hervor, daß das Herz durchaus isolirt für sich entsteht, daß seine Höhlung ursprünglich mit keinen Gefäßen im Zusammenhange ist, und daß diese Höhle als ein großer Intercellularraum angesehen werden muß, dessen Wände durch die Zellenmassen des Herzschlauches gebildet werden. Es ist in dieser letzteren Beziehung völlig gleichgültig, ob dieser innere Raum durch Auflösung und Zerfließen der centralen Zellen des Herzschlauches gebildet werde,

oder aber durch Auseinanderweichen derselben; welches letztere indeß aus dem Grunde wahrscheinlicher ist, weil oft einzelne losgerissene Zellen im Inneren herumgetrieben werden. In beiden Fällen bleibt indeß die Bedeutung der Herzhöhle als Intercellularraum wesentlich bestehen.

Während man die erste Bildung des anfänglichen Herzschlauches beobachtet, entwickelt sich zugleich auf der Oberfläche des Schleimblattes in der Umgebung des Embryo eine eigenthümliche Schicht von Zellen, welche hauptsächlich dazu bestimmt sind, die ersten Elemente des Blutes in sich auszubilden. Im ganzen Umfange eines Kreises nämlich, den man von der Mitte des Embryo aus ziehen würde, und dessen Durchmesser etwa um ein Viertheil länger sein würde, als der Embryo in dem Umfange eines solchen Kreises, sage ich, kann man bald nach dem Erscheinen der ersten Anlage des Herzens eine hautartige Zellenschicht unterscheiden, welche ein geflecktes Ansehen bietet, indem dunklere Inseln von Maschen hellerer Substanz durchzogen sind. Diese hautartige Zellenschicht, welche anfangs mit dem Schleimblatte in engem Zusammenhange steht, später aber von ihm abgelöst werden kann, ist dasjenige, was ältere und neuere Embryologen das *Gefäßblatt* genannt haben. Trotz der Trennung, welche man zwischen diesem Gefäßblatte einerseits und dem Schleimblatte anderseits vornehmen kann, darf indeß dasselbe dennoch nicht mit den anderen Blättern der Keimhaut in gleichen Rang gestellt werden, da es, wie wir sogleich sehen werden, an der Bildung der Organe des Rückens keinen Antheil nimmt, sondern außerhalb des Embryo auf dem Dotter verbleibt. Um dieser Ursache willen möchte es geeigneter sein, dieses Gefäßblatt unter dem Namen der *blutbildenden Schicht* zu bezeichnen.

In ihrer Peripherie ist die Blutbildungsschicht rundum durch einen dunkleren Kreis genau abgegränzt, der nur dem Kopfende des Embryo gegenüber unterbrochen ist. Beobachtet man nun die Blutbildungsschicht weiter in ihrer Entwickelung, so sieht man, daß in dem Umkreise der dunklen Stellen die helleren

Zwischenlagen allmählich auseinander weichen. Auf diese Weise entstehen Rinnen, welche die dunklen Zellenanhäufungen umgeben, so daß diese von Flüssigkeit umspült werden, welche sich in den Rinnen ansammelt. Die Rinnen begränzen sich immer mehr und mehr durch das Aneinanderschließen der helleren, maschenartige Figuren bildenden Zellenmassen, und diese Maschen vereinigen sich von beiden Seiten her allmählich gegen die Stellen hin, wo die beiden Stellen des Herzschlauches in die Blutbildungsschicht übergehen. Auf diese Weise bilden sich also mit einander zusammenhängende Maschenräume, in welchen Haufen von dunklen Embryonalzellen abgelagert sind, die sich zu Blutkörperchen ausbilden, während die umgebenden auseinandergewichenen helleren Zellenmassen die ersten Gefäßwandungen darstellen. Anfangs erscheinen diese in der Blutbildungsschicht entstandenen Maschenräume noch für sich isolirt. Sobald sie aber so weit herangebildet sind, daß man ihre Höhlen bemerken kann, haben sich diese Höhlen auch von beiden Seiten her mit den hinteren Schenkeln des Herzschlauches verbunden und in diesen geöffnet. Mit der Herstellung dieser Verbindung beginnt auch der erste Kreislauf, indem die rhythmischen Zusammenziehungen des Herzens, welche schon vorher thätig waren, auch auf die in den Maschenräumen der Blutbildungsschicht befindliche Flüssigkeit ihre Wirkung fortpflanzen. Um diesen ersten Kreislauf zu begreifen, ist es indessen nöthig, auch diejenigen Gefäße zu berücksichtigen, welche sich in dem Körper des Embryo selbst gebildet haben. Der Herzschlauch selbst hat sich nämlich während der Ausbildung der Gefäße verlängert und Sförmig zusammengekrümmt. Während man früher sein vorderes Ende nicht deutlich unterscheiden konnte, kann man sich jetzt überzeugen, daß er nach vorn eben so wie nach hinten in zwei Schenkel sich theilt, die sich gegen die Schädelbasis hin um die Speiseröhre herumbiegen, über derselben und unter der Wirbelsaite nach hinten zu sich vereinigen, und so einen kurzen Stamm bilden, der längs der Chorda gegen den Schwanz hin verläuft. Der Herzschlauch endigt also nach vorn in zwei Aortenbogen, welche durch ihre Vereinigung eine mittlere Aorta bilden.

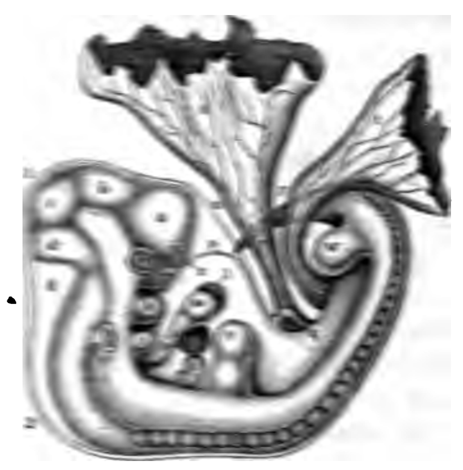


Fig. [illegible]. Ein etwa [illegible] Tage alter Hundeembryo, fünfmal vergrößert, von der Seite gesehen.

a. Vorderhirn. b. Zwischenhirn. c. Mittelhirn. d. kleines Gehirn. e. Nachhirn. f. Auge. g. Ohrbläschen, durch einen Stiel (Hörnerven) mit dem Nachhirn zusammenhängend. g. Oberkiefer. h. Unterkiefer (erster Kiemenbogen). i. Zweiter Kiemenbogen. k. Rechte Vorkammer des Herzens. l. Linke Kammer. n. Rechte Kammer. o. Aortenstiel. q. Leber. p. Herzbeutel. r. Darmöffnung, in welche das Nabelbläschen s. mit seinem Stiele t. einmündet. u. Allantois. v. Amnion. w. Vordere Extremität. w. Hintere Extremität. x. Wirbelsäule. y. Schwanz. z. Rücken. 1. Kopfbeuge. 2. Nackenbeuge.

Diese theilen sich in ihrem Verlaufe nach hinten zu in zwei seitliche Stämme, die längs der Wirbel bis zu dem Körperende verlaufen und nach beiden Seiten hin quere Aeste aussenden, die sich ebenfalls in der Blutbildungsschicht verzweigen.

Der erste Kreislauf des Embryo geht demnach in folgender Weise vor sich. Aus dem S-förmig gekrümmten Herzschlauche wird das Blut in die beiden Aortenbogen getrieben, strömt durch die anfangs ganz einfache Aorta, dann durch die beiden aus derselben entstehenden Wirbelarterien nach hinten, und vertheilt sich endlich in netzförmigen Bogen durch die aus den Wirbelarterien entspringenden seitlichen Dotterarterien auf der Bildungsschicht. Der dunkele Kreis, welcher die Peripherie dieser Schicht

begränzte, hat sich in ein zusammenhängendes Gefäß, die sogenannte Kreisvene, umgewandelt, welche den Embryo fast überall umgiebt, in der Nähe des Kopfes aber einbiegt und so zwei Stämme bildet, in welchen das Blut gegen die beiden Schenkel des Herzschlauches hinströmt. Ebenso sammelt sich, dem Hintertheile des Embryo entsprechend, das Blut in zwei seitlichen Stämmen, in welchen es von hinten nach vorn gegen die Herzschenkel strömt, um von da aus durch das Herz die Bahn von neuem wieder zu beginnen. Betrachtet man einen Embryo aus dieser Periode, der mit ausgebreitetem Gefäßblatte auf dem Rücken liegt, so erscheint der Fötus als die Axe zweier Halbmonde, die mit ihren hinteren Spitzen zusammenstoßen, vorn aber von einander getrennt sind. Die äußere Peripherie dieser Halbmonde wird von der Kreisvene, die innere von den sogenannten Nabelblasenvenen gebildet; — in der Mitte etwa hängen die Halbmonde durch zwei vorspringende Zipfel, die Herzschenkel, mit dem Herzschlauche zusammen. Es erscheint also dieser erste Kreislauf im Verhältniß zu dem Embryo als ein durchaus äußerlicher. Maschenartige, den Capillaren entsprechende Gefäße zeigen sich nur in der Blutbildungsschicht, nicht aber in der Embryonalsubstanz, in welcher außer der Aorta und den beiden Wirbelarterien durchaus keine Gefäße sich finden. Der erste Kreislauf ist also offenbar darauf berechnet, ein Capillarnetz in der Blutbildungsschicht in größter Nähe mit dem Dotter auszubilden, und damit die Zufuhr von Substanz aus dem Dotter zu vermitteln.

Es würde für den Zweck unserer Darstellung zu weit führen, wollten wir hier auseinander setzen, in welcher Weise dieser erste Kreislauf sich allmählich abändert und wie er durch die mannigfaltigsten Umbildungen in diejenige Form übergeht, welche wir bei dem ausgetragenen Fötus erblicken. Der Herzkanal, der früher einfach war, schlingt sich allmählich mehr und mehr zusammen, erweitert sich an gewissen Stellen, während er an anderen sich zusammenschnürt, und entwickelt sich endlich durch die mannigfaltigsten Verwachsungen zu jener Form des Herzens, welche wir in einem früheren Briefe bei dem Erwachsenen kennen gelernt

haben. Mit der weiteren Ausbildung der embryonalen Organe entstehen auch in diesen Gefäße, welche ihrem Verlaufe nach die mannigfaltigsten Metamorphosen durchgehen, ehe die bleibende Gestalt des Kreislaufes hervorgebracht ist. Man hat sehr oft behauptet, die Organe entstünden gleichsam durch Ablagerung aus den Gefäßen; — es bildeten sich erst Gefäßschlingen, in deren Zwischenräumen sich dann die Substanz der Organe niederschlüge und anhäufte. Die Beobachtung thut im Gegentheile dar, daß alle Organe ohne Ausnahme bei ihrer Entstehung aus compacten Zellenhaufen gebildet sind, in denen erst später Gefäße auftreten, und zwar kann man mit vollkommener Sicherheit den Satz aufstellen, daß sich dann erst später Gefäße in den Organen bilden, wenn die Zellen derselben sich zu differenziren und in besondere Gewebtheile umzubilden beginnen. So lange ein Organ aus primitiven Embryonalzellen besteht, die überall gleichförmig sind, genügt die Lebensthätigkeit dieser Zellen zu der Ernährung und Fortbildung des Organs. Sobald aber die Zellen in specielle Elementartheile überzugehen beginnen, hier Fasern, dort Epithelien, Nervenröhren oder Muskelcylinder aus sich entwickeln, zeigen sich auch an bestimmten Orten Gefäße, deren Capillaren bei dem allmählichen Zugrundegehen der Zellenvegetation der Ernährung des Organes vorstehen. Die Gefäße bilden sich demnach wie andere Elementartheile auf dem Platze selbst durch die Differenzirung der primitiven Zellen. Sie wachsen weder in die Organe hinein, noch aus denselben hinaus.

Es fragt sich indessen, auf welche Weise die Gefäße entstehen, und wie man dieselben der Zellentheorie gegenüber ansehen muß. Was nun zuerst das Herz und die großen Gefäße, der Blutbildungsschicht sowohl als auch des Embryo, betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel mehr, daß dieselben durch Auseinanderweichen ursprünglich compacter Zellenhaufen sich bilden. Nicht nur an dem Herzen hat man diese Entstehungsweise direct beobachtet, sondern auch an den Stämmen und Aesten der Gefäße, welche sich in der Blutbildungsschicht erzeugen. Die auseinander gewichenen Zellenmassen bilden die Wandungen dieser

primitiven Gefäßrinnen, und anfangs ist der Zusammenhang derselben noch so lose, daß man öfters beobachtete, wie Zellen von diesen Wandungen sich loslösten und in dem Blutstrome mit fortgerissen wurden. Allmählich verschmelzen die Begränzungszellen der Gefäße inniger miteinander und bilden dann eine gesonderte Gefäßwandung, in welcher sich meistens Fasern entwickeln. Neuere Beobachtungen machen es nicht wahrscheinlich, daß alle Gefäße, welche in primitiver Zeit bei Embryonen auftreten, Wandungen besitzen, die aus mehrfachen Zellenlagen hervorgegangen sind, daß demnach alle Gefäße, welche in der ersten Zeit entstehen, als wahre Intercellularräume betrachtet werden müssen, die sich zwischen den Zellenanhäufungen ausgehöhlt haben. Man hatte die Folgerungen aus diesen Beobachtungen sogar so weit getrieben, daß man behauptete, alle diese Gefäße würden durch den Stoß des Herzens ausgehöhlt, das durch seine Zusammenziehungen die in ihm enthaltene Flüssigkeit gleichsam in die losen Zellenanhäufungen hineinspritze. Abgesehen davon, daß eine solche Erklärung geradezu absurd genannt werden kann, indem es unmöglich wäre, zu begreifen, aus welchem Grunde die Blutbahnen sich überall bei tausend und aber tausend Embryonen an demselben Orte aushöhlen, und wie ein aus losen Zellenmassen bestehendes Herz Kraft genug entwickeln könne, um durch die von ihm bewegte Flüssigkeit andere Zellenanhäufungen auseinander treiben zu können; abgesehen hiervon, sage ich, liegen auch bestimmte Beobachtungen vor, daß solche Intercellularräume sich durchaus abgesondert bilden und dann erst mit den schon bestehenden Blutbahnen in Communication treten. Wo aber die nackte Thatsache widerspricht, da bedarf es keiner weiteren Widerlegung.

Die Capillargefäße des Körpers entstehen in ganz anderer Weise, als die größeren Stämme und diejenigen embryonalen Gefäße, welche auf dem Fruchthofe z. B. sich ausbreiten. Man sieht zuerst helle kernhaltige Zellen mit abgerundeten Ecken, welche sich aneinander legen und durch Verschmelzung der Zwischenwände etwas weitere Röhren bilden, die in die größeren Stämme sich öffnen. Später sprossen aus diesen Zellen zarte faserartige

Spitzen und Ecken hervor, welche sich rasch verlängern, durch das Gewebe hindurch fortwachsen, und endlich zu einem Netze feiner Kanäle mit einander verschmelzen, das so eng ist, daß nur Blutwasser darin circuliren kann. Durch den Andrang des Blutstromes erweitern sich diese Kanälchen, von Zeit zu Zeit schlüpft ein Blutkörperchen hinein, welches sich durchdrängt, und so wird allmählich das vollständige Netz hergestellt, und jedes Gefäßchen hinlänglich erweitert, um Blutkörperchen durchzulassen.

Das Blut ist, wie wir in einem früheren Briefe weitläufig auseinandersetzten, keine homogene Flüssigkeit, sondern aus einem farblosen Serum und gefärbten Blutkörperchen zusammengesetzt, die bei jedem Thiere eine ganz eigenthümliche Form und Größe besitzen und von allen anderen Gewebtheilen sich auf den ersten Blick unterscheiden. Es fragt sich nun, in welcher Weise diese eigenthümlichen Gewebelemente des Blutes entstehen? Man hat über diesen Punkt die mannigfaltigsten Untersuchungen angestellt, und während früher mancherlei Widersprüche in den Beobachtungen sich zeigten, scheinen diese jetzt zu einem befriedigenden Ganzen vereinigt werden zu können.

Die ersten Blutzellen, denn so muß man ohne Zweifel dieselben benennen, sind weiter nichts als losgerissene Partikeln von den Zellenwandungen der ersten Gefäße. Wir haben gesehen, daß in dem Herzen sowohl wie in den größeren Gefäßen, sobald ihre Höhlung sich zu entwickeln beginnt, einzelne innere Zellen oder auch ganze Zellenhaufen losgelöst und in den Blutstrom mit fortgerissen werden. Dasselbe findet Statt mit den dunkleren Zellenmassen in der blutbildenden Schicht, um welche herum sich Gefäßrinnen bilden. Sobald diese mit der Herzhöhlung in Verbindung getreten sind, werden die dunkleren Zellen durch den mitgetheilten Stoß des Herzens allmählich in Bewegung gesetzt, fortgerissen, und bilden so die ersten Blutkörperchen, welche sich in nichts von den ursprünglichen Embryonalzellen unterscheiden. Sie sind durchaus farblos, rund, von weit bedeutenderer Größe als die platten Blutkörperchen des Er-

wachsenen, und zeigen wie alle Embryonalzellen deutliche Kerne und körnigen Inhalt. Der Inhalt dieser ersten Blutzellen namentlich entspricht ganz demjenigen der übrigen primitiven Zellen, weshalb er bei den Fröschen z. B. aus mehr festen Stearintäfelchen besteht, bei den Säugethieren feinkörniger Natur ist. Die Umwandlung dieser Zellen in gefärbte Blutkörperchen geht in der Weise vor sich, daß der körnige Inhalt nach und nach aufgesogen wird und verloren geht, daß die ursprünglich bedeutend große Zelle kleiner wird, sich abplattet, vielleicht auch durch Theilung in zwei kleinere Zellen sich spaltet, und daß die kleineren Zellen sich mit Blutfarbestoff füllen, der bekanntlich in der Masse der Blutkörperchen durchaus gleichförmig vertheilt ist. Man hat an den ursprünglichen Blutzellen mancherlei Erscheinungen gesehen, welche auf eine Theilung derselben hindeuten; doppelte Kerne, einfache längliche Kerne, in Biscuitform; in der Mitte eingeschnürte Blutzellen, die um ihre Axe gedreht schienen, und ähnliche Formen mehr, die sich wohl nicht anders als durch beginnende Theilung erklären lassen, und damit auch über den auffallenden Größenunterschied zwischen den ursprünglichen farblosen Blutzellen und den gefärbten Körperchen Aufschluß geben.

Begreiflicher Weise genügt die Zahl der ursprünglichen Blutkörperchen durchaus nicht, um auch bei fortdauernder Vermehrung durch Theilung die ungemeine Zahl von Blutkörperchen hervorzubringen, welche in dem späteren Kreislaufe sich zeigen. Die Gewebe des Embryo können aus ihren Zellen keine hinlängliche Zahl primitiver Blutzellen herstellen, weshalb sich ein eigener Herd der Bluterzeugung in der blutbildenden Schicht entwickelt. Bei denjenigen Thieren, wo der Dotter als Ernährungsmaterial während des ganzen Embryonallebens eine bedeutende Rolle spielt, erhält sich diese blutbildende Schicht des Schleimblattes auf lange in ihrer Funktion. Bei den Säugethieren aber, wo der Dotter nur höchst unbedeutend im Verhältnisse zu dem Embryo ist und dieser seine hauptsächlichste Nahrung aus dem Blute der Mutter selbst empfängt, gestaltet sich

halb ein besonderes Blutbildungsorgan in der Leber, und es wird deshalb erklärlich, weshalb diese Drüse bei den Embryonen eine verhältnißmäßig so bedeutende Größe erreicht. Aus dem Blute der Mutter können, wie schon früher bemerkt wurde, nur flüssige Stoffe in das Blut des Embryo's übergehen. Die Blutkörperchen müssen also von dem Fötus selbst gebildet werden, und da die Blutbahnen in sich abgeschlossen sind, so kann diese Ausbildung der Blutkörperchen nur innerhalb der Gefäße selbst vor sich gehen. Wenn es nun wohl keinem Zweifel unterliegt, daß in allen Geweben, wo neue Gefäße entstehen, auch Zellen sich losreißen und Blutkörperchen bilden, so trifft man doch in den Lebergefäßen eine ungemeine Menge von Zellen in verschiedenen Stadien, die in Blutkörperchen übergehen. Man sieht dort nach der Beschreibung neuerer Autoren kleine Kerne, die sich zuerst mit körnigem Inhalt und dann mit zarten Membranen umhüllen und so kleine farblose Blutzellen bilden. Anfänglich ganz blaß, werden diese farblosen Zellen allmählich durch Aufnahme von Farbstoff dunkler und gehen dadurch in gewöhnliche gefärbte Blutkörperchen über. Viele dieser Zellen scheinen auch auf dieselbe Weise, wie die primitiven, aus losgerissenen Embryonalzellen entstandenen Blutzellen, sich durch Theilung zu vermehren. Man hat bemerkt, daß bei denjenigen Thieren, wo der Dotter keine besondere Rolle spielt, wie bei Säugethieren, diese Blutkörperchen etwa ein Drittheil der Gesammtzahl der Blutzellen in dem Leberblute ausmachen, in anderen Gefäßen aber weit seltener sind; während bei Eidechsen überall in der Blutmasse diese farblosen Körperchen etwa gleichmäßig vertheilt waren, was sich leicht dadurch erklärt, daß hier die Bildung solcher Zellen überall in den Dottergefäßen Statt hatte.

Die wesentlichsten Resultate, welche wir über die Bildung der Gefäße und des Blutes besitzen, lassen demnach alle größeren Gefäße so lange als Intercellularräume erscheinen, bis sie sich allmählich durch Differenzirung ihrer Wandungen als selbstständige Röhren hinstellen, während die Capillargefäße innere Zellenhöhlen sind, die in diese Intercellularräume sich öffnen. Die

Beobachtung läßt ferner die Blutkörperchen theils aus ursprünglich losgerissenen Embryonalzellen hervorgehen, theils auch innerhalb der schon gebildeten Gefäße in besonderen Blutbildungsherden neu entstehen. Bei den Säugethieren läßt sie die Leber als solchen späteren Blutbildungsherd erscheinen.

Der Uebergang des embryonalen Kreislaufes in denjenigen, welcher nach der Geburt und bei dem Erwachsenen sich zeigt, bildet einen zu wichtigen Abschnitt in der Geschichte des Fötus, als daß wir nicht einige Augenblicke bei demselben verweilen sollten. Wir haben gesehen, daß bei dem Erwachsenen das Herz vollkommen in zwei Hälften, eine linke und eine rechte, geschieden ist; daß aus der linken Herzhälfte das Blut in den ganzen Körper getrieben wird, durch die Capillaren des Körpers und die Körpervenen in das rechte Herz strömt, von dort aus mit erneuter Kraft den Lungen zueilt, und aus diesen in die linke Herzhälfte zurückkehrt. Wir haben ferner gesehen, daß nur innerhalb der Capillargefäße das Blut seine Beschaffenheit ändert, und daß beim Erwachsenen kein anderer Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem Blute gegeben ist, als durch Vermittelung der Capillaren. Diesen Verhältnissen gegenüber haben wir den ersten Kreislauf des Blutes im Embryo im Anfange dieses Briefes beschrieben, dessen wesentlicher Charakter darin besteht, daß man keinen Unterschied zwischen venösem und arteriellem Blute nachweisen kann, daß das Herz nur einen einfachen Schlauch darstellt, von welchem aus das Blut längs des Körpers hinabläuft, ohne in die Substanz desselben sich zu vertheilen; es geht vielmehr in seiner Gesammtheit durch die Nabelarterien auf die Nabelblase über, um dann durch die Nabelvene in den einfachen Herzschlauch zurückzukehren. Es fragt sich nun, wie sich diese beiden Extreme vermitteln, und namentlich, wie der letzte Kreislauf des Embryo unmittelbar vor der Geburt sich verhalte.

Ursprünglich fanden sich nur zwei Aortenbogen, die, ohne Aeste abzugeben, sich unter der Wirbelsäule vereinigten, um die große Körperarterie, die Aorta, zu bilden. Nach und nach ent-

wickeln sich aber oben so viele Gefäßbogen aus dem Herzen, als man Kiemenbogenspalten zählt. Alle diese Bogen umfassen den Schlund und vereinigen sich über demselben in der Aorta. Sehr bald verschwinden aber mehrere dieser Bogen, während andere, besonders ein linker und ein rechter, sich stärker ausbilden. Zugleich entwickelt sich die Scheidewand der Herzkammern, so daß der eine dieser übriggebliebenen arteriellen Aortenbogen der linken, der andere der rechten Herzhälfte angehört. Statt eines doppelten, durch eine senkrechte Scheidewand getheilten Vorhofes sieht man zu dieser Zeit nur einen einfachen Venensack, in welchen die von oben und unten kommenden venösen Gefäße einmünden. Die Nabelblase ist geschwunden mit ihrem ganzen Gefäßsysteme; dagegen hat sich die Placenta durch Wachsthum des Harnsackes hervorgebildet, und die Körperorgane erhalten sämmtlich Blut durch Arterien, welches sie durch Venen dem Herzen wieder zuführen. So hat sich allmählich eine eigenthümliche Form des Kreislaufes herausgebildet, deren wesentlicher Charakter darin besteht, daß die obere und untere Körperhälfte aus verschiedenen Herzhälften versorgt werden, und ein Theil des Blutes außerhalb dem Embryo nach der Placenta hin getrieben wird, um dort den Austausch mit der Blutmasse der Mutter zu bewirken. Das Blut strömt bei dieser intermediären Form des Kreislaufes aus der linken Herzkammer durch ein bogenförmiges Gefäß, die linke oder obere Aorta, hervor und vertheilt sich nach dem Kopfe und den oberen Extremitäten. Aus den Capillaren dieser Gebilde sammelt es sich wieder in einen einzigen Stamm, die obere Hohlvene, welcher sich in den gemeinschaftlichen Venensack, doch etwas mehr gegen die rechte Seite hin, öffnet. Aus diesem in die rechte Kammer getrieben läuft das Blut durch die untere oder rechte Aorta hervor, welche im Bogen sich gegen die Wirbelsäule hin krümmt, Zweige an Lunge, Leber und alle Eingeweide giebt und zuletzt sich in die Extremitäten vertheilt. In der Bauchhöhle aber giebt diese untere Aorta zwei Arterienstämme ab, die Nabelarterien, die früher dem Harnsacke angehörten und nun durch den Nabelstrang nach der Pla-

centa hingehen, um dort sich zu vertheilen. Das Blut der rechten Aorta, des rechten Ventrikels, versorgt also die untere Körperhälfte, die Eingeweide und die Placenta. Von den Extremitäten kehrt es durch die unteren Venen, von der Placenta durch eine Nabelvene zurück, und vermischt sich mit dem aus der Leber kommenden Blute in einem großen Gefäße, der unteren Hohlvene, die in den gemeinschaftlichen Venensack, doch etwas mehr nach links hin, sich öffnet. Das Blut der unteren Hohlvene strömt dieser Richtung der unteren Hohlvene zufolge mehr in den linken Ventrikel und beginnt von diesem aus wieder seine Bahn durch die linke oder obere Aorta.

Die obere Körperhälfte erhält demnach einzig und allein Blut aus dem linken Ventrikel, dessen Aorta sich ganz in derselben vertheilt, und sendet das Blut sämmtlich in die rechte Vorhofshälfte zurück. Die linke Aorta wird aber besonders durch die untere Hohlvene gespeist, welche das von der Placenta zurückkehrende Blut enthält. Dieses war aber mit dem Blute der Mutter in Wechselwirkung, und hat dadurch analoge Veränderungen erfahren, wie diejenigen, welche später in den Lungen erzielt werden. Daraus erklärt sich die vorwiegende Entwickelung der oberen Körperhälfte in der früheren Zeit des Embryonallebens. Die untere Körperhälfte erhält durch Vermittelung der oberen Hohlvene, des rechten Ventrikels und der rechten unteren Aorta fast nur Blut, welches schon die Capillarsysteme der oberen Körperhälfte durchlaufen hat, dem aber durch die, in dem gemeinschaftlichen Venensack des Herzens gegebene Communikation, einiges von der Placenta herkommende Blut beigemischt wird. Der Lungenkreislauf besteht zu dieser Zeit aus einem höchst geringen Arterienzweige, der von der rechten Aorta abgeht, und aus einer kleinen Vene, welche in die untere Hohlvene zurückkehrt. Bedeutender ist schon der Leberkreislauf, indem einerseits das von den Eingeweiden kommende Blut sich in eine Pfortader sammelt, die sich in der Leber verzweigt, anderseits auch die von der Placenta zurückkommende Nabelvene Zweige in die Lebersubstanz abgiebt. Die so aus der Pfortader und

den Nabelvenen gebildeten Capillaren der Leber sammeln sich in Lebervenen, welche sich in die untere Hohlvene ergießen.

Während nun der Fötus der Reife sich nähert, bildet sich allmählich eine Scheidewand in dem gemeinschaftlichen Venensacke aus, die denselben in zwei Vorhöfe abscheidet, welche aber noch immer durch eine bedeutende Communicationsöffnung, das eirunde Loch (foramen ovale) durchbrochen ist. Die beiden Aorten haben sich aneinander gelegt und sind mit einander verschmolzen an der Stelle, wo sich der Bogen der rechten Aorta nach hinten hinwandte. Die Lungenarterie ist größer geworden. Der Bogen der rechten Aorta, von dem Ursprunge der Lungenarterie an bis zu der Vereinigungsstelle, heißt jetzt der Arteriengang (ductus arteriosus Botalli). Die Circulation in der Leber hat sich schärfer begränzt, und der gesammte Kreislauf hat jetzt bei dem reifen Fötus, unmittelbar vor der Geburt, folgende Anordnung (s. S. 623).

Aus der linken Herzkammer strömt das Blut durch die linke Aorta im Bogen aus und vertheilt sich in die Gefäße der oberen Körperhälfte. Unmittelbar hinter der Abgabestelle dieser Gefäße öffnet sich der Bogen in denjenigen der absteigenden, aus dem rechten Ventrikel kommenden, Aorta, die also auch einiges Blut aus dem linken Ventrikel erhält. Das nach Kopf und Armen vertheilte Blut der linken Aorta kehrt durch die obere Hohlvene in den rechten Vorhof zurück, und wird von der rechten Kammer durch die rechte Aorta ausgetrieben. Ein Theil dieses Blutes (der geringere) strömt durch die Lungenarterie in die Lungen, die Hauptmasse durch den rechten Aortenbogen (den Botallischen Gang) in die absteigende Aorta, und vertheilt sich in die Eingeweide und die unteren Extremitäten. Zwei große Zweige dieser absteigenden Aorta, die Nabelarterien, führen das Blut in die Placenta und durch die Nabelvene aus dieser wieder zurück. Das Blut der hinteren Extremitäten strömt durch die untere Hohlvene nach dem Herzen. Dieser untere Hohlvenenstamm nimmt bei seinem Durchgange durch die Leber einen großen Ast der Nabelvene auf, den sogenannten Venengang (ductus venosus

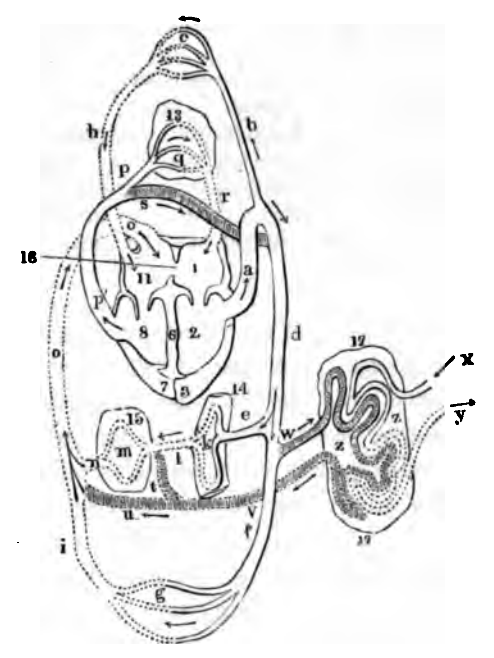


Fig. 52. Schematische Darstellung des Blutkreislaufes der Frucht, kurze Zeit vor der Geburt. Die Figur ist in ähnlicher Weise gehalten, wie die schematische Darstellung des Blutkreislaufes des Erwachsenen, S. 26, und um die Vergleichung zu erleichtern, sind dieselben Zahlen und Buchstaben zur Bezeichnung derselben Gegenstände verwendet. Die Haargefäßsysteme sind durch einfache Verästelungen angezeigt; alle zum Herzen führenden Gefäße (Venen) sind mit punktirten Linien, alle vom Herzen wegführenden Gefäße (Arterien) mit zusammenhängenden Contourlinien bezeichnet; kleine Pfeile zeigen die Richtung der Blutströmung. Diejenigen Gefäße, welche nach der Geburt obliteriren und durch dieselben außer Thätigkeit gesetzt werden, sind quer schraffirt.

1. Linker Vorhof. 2. Höhle der linken Kammer. 3. Spitze des Herzens. 6. Scheidewand der Kammern. 7. Spitze der rechten Kammer. 8. Höhlung der rechten Kammer. 11. Rechter Vorhof. 13. Lunge. 14. Darm. 15. Leber. 16. Das eirunde Loch (foramen ovale), welches die Scheidewand der Vorhöfe durchbricht und eine Communication zwischen rechtem und linkem Vorhof herstellt, die später zuwächst. 17. Mutterkuchen (Placenta).

a. Arterieller Körperstrom (linke Aorta). b. Arterieller Strom für den Oberkörper. c. Capillarsystem des Oberkörpers. d. Arterieller Strom für den Unterkörper. e. Arterieller Strom für die Verdauungsorgane. f. Ar-

terieller Strom für die Beine. g. Capillarsystem des Unterkörpers. h. Venöser Strom vom Oberkörper (obere Hohlvene). i. Venöser Strom vom Unterkörper. k. Capillarsystem der Verdauungsorgane. l. Pfortader. m. Capillarsystem der Leber. n. Lebervenen. o. Untere Hohlvene. 'p. Rechte Aorta. p. Lungenarterien. q. Capillarsystem der Lungen. r. Lungenvene. s. Botallischer Gang (Ductus arteriosus Botalli). t. Aeste der Nabelvene zur Pfortader. u. Gang von der Nabelvene zur Hohlvene (Ductus venosus Arantii). v. Nabelvene. w. Nabelarterien. x. Arterielle Gefäße des mütterlichen Uterus. y. Venöse Gefäße des mütterlichen Uterus. z. Capillarsystem der Placenta.

Arantii). Das übrige Blut der Nabelvene vertheilt sich theils durch besondere Zweige, theils mit der Pfortader in die Lebersubstanz, und sämmtliches Blut der Leber kehrt durch Lebervenen in die untere Hohlvene zurück. Diese öffnet sich mehr in die linke Vorhofshälfte, welche zugleich die Lungenvenen aufnimmt. Doch ist die Oeffnung so gelegen, daß sie auch theilweise in den rechten Vorhof schaut.

Bei dem reifen Fötus ist also die Lungencirculation vorbereitet durch Vergrößerung der Lungenarterie, obgleich noch der größte Theil des Blutes aus dem rechten Vorhof in die Aorta durch den Botallischen Gang überströmt. Ebenso ist die Scheidung der Vorhöfe schon bedeutend vorgeschritten. Mit der Geburt nun wird der Placentarkreislauf plötzlich abgeschnitten. Die Nabelgefäße werden verschlossen; die Lungenarterien bedeutend erweitert und der Botallische Gang allmählich außer Kurs gesetzt, wie der todte Arm eines Flußbettes. Er schließt sich nach und nach, und dann strömt alles Blut aus der rechten Kammer in die Lungen und durch dieselben zurück in den linken Vorhof. Die Mündung der unteren Hohlvene zieht sich ganz in den rechten Vorhof, in welchen die obere Vene von Anfang an einströmte; das eirunde Loch schließt sich, und damit ist der Uebergang in die Circulationsform des Erwachsenen und somit auch die Scheidung beider Blutarten, des arteriellen und venösen, vollendet. Zuweilen bleibt in Folge von Hemmungsbildungen entweder das Loch der Vorhofsscheidewand, oder der Botallische Gang offen, beide Blutarten mischen sich, und die Folge dieses

abnormen Verhältnisses ist unvollständige Oxydation des Blutes und bläuliche Färbung desselben, die durch die Haut schimmert. Diese blausüchtigen Kinder leiden an allgemeinen Fehlern des Ernährungsprozesses, und wenn nicht die abnorme Communicationsöffnung sich schließt, so sind sie meist einem frühen Tode verfallen.

Achtundzwanzigster Brief.

Allgemeine Uebersicht.

Die Entwickelung der einzelnen Organe für sich abgesondert betrachtet, wie wir bisher thaten, liefert kein Gesammtbild der Erscheinungen im werdenden Individuum. Wir werden deshalb nun in kurzen Umrissen darzustellen suchen, wie einerseits die Ausbildung der Form im Allgemeinen, anderseits auch diejenige der Lebensäußerungen voranschreite, indem sich aus diesen Verhältnissen manche wichtige Folgerungen für die gesammte Physiologie ergeben.

Die Naturphilosophie, welche das ganze Thierreich auf einen einzigen Typus zurückzuführen und die allmähliche Entwickelung des Organischen aus einem belebten formlosen Stoffe, dem sogenannten Urschleime, darzuthun suchte, hatte sich auch nicht ohne Glück der mangelhaften Kenntnisse, die man über die Entwickelung des Embryo's zur damaligen Zeit hatte, bedient, um daraus die Analogie der embryonalen Entwickelung mit derjenigen des Thierreiches im Allgemeinen nachzuweisen. Die mehr oder minder kugelförmige Gestalt niederer Thiere ließ eben die Kugel als den Uranfang alles Organischen ansehen. Aus seinem kugeligen Uranfange, dem Ei, sollte der Embryo, der Ansicht der Naturphilosophen zufolge, eine Stufenfolge von Metamorphosen durchlaufen, welche den im Thierreiche bleibend dargestellten Typen parallel gingen. Man behauptete, der Embryo sei zu gewissen Zeiten Qualle, Mollusk, Gliederthier, Fisch und Amphibium, und suchte diese Behauptung freilich mehr durch allgemeine Phrasen, als durch spezielle Thatsachen zu erörtern. Wenn

Einzelne es wagten, in diese Vergleichung der speziellen Verhältnisse einzugehen, so fielen diese Versuche unglücklich aus, wie denn z. B. eine Vergleichung des Baues der Mollusken und des Embryo's, die noch vor nicht sehr langer Zeit von einem Mitgliede der französischen Akademie versucht wurde, in das Gebiet des Hochkomischen gehören würde, wenn sie nicht mit dem bitteren Ernste der eingebildeten Ueberzeugung vorgebracht wäre.

Das Thierreich bietet verschiedene Organisationstypen dar, die sich nach besonderen und eigenthümlichen Normen entwickeln. Einem solchen Organisationstypus gehören die sämmtlichen Wirbelthiere an. Alle Wirbelthiere sind nach einem und demselben gemeinschaftlichen Plane gebaut, der indeß vielfache Abänderungen und spezielle Modifikationen erfährt. Im Bereiche eines jeden Organisationstypus sind aber diejenigen Ansichten, welche die Naturphilosophie auf das gesammte Thierreich anwenden wollte, in gewisser Ausdehnung ganz richtig. Die Organe des Embryo durchlaufen in ihrer Entwickelung verschiedene Stadien, welche in den niederen Thieren, die demselben Organisationstypus angehören, während des ganzen Lebens bleibend sich erhalten. Die Aehnlichkeit, welche hierdurch zwischen den Embryonen und den niederen Thieren desselben Reiches hergestellt wird, erstreckt sich deshalb dennoch niemals auf völlige Gleichheit in der Anordnung sämmtlicher Organe. Der allgemeine Organisationsplan, welchem die Embryonen angehören, giebt sich durch einzelne Züge kund, die zwar an vielen Orten auftreten, stets aber mit speziellen Eigenthümlichkeiten verwebt sind, in welchen sich schon der spätere Bau des Embryo geltend macht. Durch diese speziellen Eigenthümlichkeiten gerade giebt sich aber der Embryo als werdender, nicht als fertiger Organismus zu erkennen. Es ist deshalb Aufgabe des Forschers in der Entwickelungsgeschichte, die Züge, welche dem allgemeinen Organisationsplan angehören, zu trennen von denjenigen, welche der speziellen Eigenthümlichkeit sich unterordnen. Es giebt Züge, welche allen Wirbelthierembryonen gemeinschaftlich sind und nur bei den Embryonen vorkommen, ohne je bei einem erwachsenen Thiere bleibend darge-

stellt zu sein; — andere, die sich bleibend erhalten können, bei den höheren Wirbelthieren aber verschwinden; — noch andere endlich, welche nur nach dem Embryonalleben auftreten und sich während dem Ablaufe des selbstständigen Lebens ausbilden. Es würde zu weit führen, wollten wir hier nachweisen, wie diese verschiedenen Zeiten des Auftretens der einzelnen Charaktere im embryonalen Leben mit Glück benutzt werden können, um diese Charaktere selbst ihrer relativen Wichtigkeit nach gruppiren zu können. Unsere Aufgabe wird zunächst sein, die verschiedenen Punkte zu durchgehen, in welchen der Embryo des Menschen und der höheren Säugethiere mit der Organisation der niederen Wirbelthiere näher übereinstimmt.

Bei seinem ersten Auftreten besitzt der Embryo der Wirbelthiere einen platten Körper von Guitarrenform, in dessen Längslinie eine hohle Rinne, die Primitivrinne, sich befindet. So viel Embryonen man auch noch untersucht hat, so hat man doch nie diese Primitivrinne fehlen sehen, und stets bei allen Wirbelthieren sie als das erste differenzirte Organ kennen gelernt. Bei keinem Embryo wirbelloser Thiere hat man etwas Aehnliches entdeckt, und es kann deshalb die Primitivrinne unbedingt als charakteristisches Kennzeichen aller Wirbelthierembryonen ohne Ausnahme angesehen werden. Die primitive Gestalt des Gehirnes und Rückenmarkes, wie sie sich vor der Schließung der Primitivröhre zeigt, ist bei keinem erwachsenen Thiere hergestellt, und erst dann zeigen sich Aehnlichkeiten, wenn die Ränder der Primitivrinne sich zugewölbt haben und auch innerhalb des Nervensystems einzelne Gewölbtheile entstanden sind. Man kennt freilich bis jetzt ein einziges Thier, bei welchem, wie es scheint, keine primitiven Hirnblasen vorhanden sind; wenigstens sieht man an dem erwachsenen Amphioxus nur sehr unbedeutende Anschwellungen des cylindrischen Rückenmarkes, das nach vornen hin abgestumpft endigt, ohne ein Gehirn unterscheiden zu lassen. In den einzelnen Hirntheilen selbst gewahrt man bei verschiedenen Thieren die mannigfaltigsten Annäherungen zu dieser oder jener bleibend ausgedrückten Hirnbildung; — so in der ursprünglichen Kleinheit

der Hemisphären des großen Gehirns; in dem allmählichen Hinüberwachsen und Verdecken der Mittelhirnblase; in der ursprünglichen bedeutenden Aushöhlung dieser letzteren, die nach und nach sich mit festerer Masse füllt; in dem ursprünglichen weiten Offenstehen des Hinterhirns und der allmählichen Ueberwucherung desselben durch das kleine Gehirn. Alle diese verschiedenen Entwickelungsphasen des Gehirns lassen sich bei einzelnen Thieren Schritt für Schritt nachweisen, obgleich sie nicht alle Hand in Hand gehen, sondern je nach dem speziellen Typus derselben sich hier ausbilden, dort aber zurückbleiben. So entwickelt sich z. B. das kleine Gehirn bei den Fischen weit bedeutender, als bei den Amphibien, wo es auf einer durchaus embryonalen Stufe zurückbleibt und nur ein schmales bandartiges Brückchen darstellt, während das große Gehirn bei den Amphibien weit ausgebildeter ist, als bei den Fischen. So zeigt sich also auch hier bei dem besondern Organe, was für die embryonale Entwickelung im Allgemeinen galt, nämlich: daß für die Bildungsstufen der einzelnen Theile die Analogieen gefunden werden können, nicht aber für das Organ, oder den Embryo im Ganzen.

Die Entwickelung des Skelettes liefert durchaus ähnliche Thatsachen, deren Vergleichung sogar noch weit mehr in's Einzelne getrieben werden kann, als beim Nervensystem. Die Chorda ist eben so gut als die Primitivrinne ein allgemeiner Charakter aller Wirbelthierembryonen; sie fehlt bei keinem, und bei dem schon erwähnten niedrigsten Fische bildet sie sogar das einzige vorhandene Stück des Skelettes. Bei diesem Thier zeigt sich keine Spur knorpeliger Umhüllungskapseln für das Gehirn und Rückenmark, keine Spur von Ringen um die Chorda, keine Spur von allen jenen Skeletttheilen, welche den Kopf bilden. Wenn bei allen übrigen Wirbelthieren und bei allen Embryonen vor dem Ende der Chorda noch Bildungen sich zeigen, die nicht wesentlich zu derselben und somit zu dem Wirbelsysteme gehören, wie die Schädelbalken, so ist dieses bei dem genannten Thiere nicht der Fall, und seine Chorda endigt unmittelbar an dem vorderen Körperende. Die Entwickelungsgeschichte dieses merkwür-

digen Thieres würde mehr Aufklärungen für die Wissenschaft bieten, als ein Halbdutzend Reisen um die Welt auf schnellsegelnden Schiffen! Leider aber ist es der Fluch der Regierungen, daß sie die Bedürfnisse der Wissenschaft nicht kennen und ihre Hülfsmittel da verwenden, wo sie am wenigsten Früchte bringen. Durch die zahlreichen Untersuchungen über das Skelett, welche hauptsächlich seit dem Beginne dieses Jahrhunderts gemacht wurden, können wir bei verschiedenen Thieren alle Entwickelungsphasen desselben, wie wir sie bei dem Embryo sehen, bis auf einen gewissen Grad nachweisen. Wir haben Thiere mit persistirender Chorda und verknöcherten Wirbelfortsätzen, mit ringförmigen Wirbelkörpern, mit embryonaler Schädelbasis, mit knorpelig ungetheilter Gehirnkapsel, mit primitiven Kiemenbogen, mit losen Deckplatten; — kurz wir besitzen unter den Thieren alle möglichen Modifikationen des Skelettes in's Unglaubliche variirt. Es würde zu weit führen, diese Thatsachen hier zu wiederholen, zumal da wir bei der Entwickelung des Skelettes schon hie und da auf dieselben hingewiesen haben.

Der primitive Zustand des Darmsystems zeigt sich bei keinem Wirbelthiere ausgebildet, und bei allen ohne Ausnahme ist der Darm eine Röhre, die oben und unten in Mund und After geöffnet ist. Allein gerade im Verhalten des Mundes und der Kiemenbogen lassen sich fast alle embryonalen Verhältnisse wieder finden, sobald man die niedersten Wirbelthiere in's Auge faßt. Bei vielen derselben bleiben die Kiefer durchaus auf dem Punkte der Kiemenbogen stehen, und die verschiedenen Metamorphosen dieser letzteren kann man gleichfalls Schritt für Schritt bei den Thieren nachweisen. Ein Gleiches gilt von dem Gefäßsystem. Alle successiven Constructionen des Herzens von dem einfachen Schlauche bis zu dem viergetheilten Organe, alle diese verschiedenen Formen des Centralorgans, alle Veränderungen im Kreislaufe innerhalb des Embryo selbst, finden sich bei verschiedenen Thieren verwirklicht, und bilden so eine Art Controle für die bei dem Embryo beobachteten Verhältnisse. Die vergleichende Anatomie ist deshalb, mit Vorsicht angewendet, eines der wich-

tigsten Hülfsmittel für die Entwickelungsgeschichte in formeller Hinsicht.

Ueberall in dem Körper sind Funktionen und Organe wechselseitig an einander gebunden und keines ohne das andere denkbar. Die Funktion eines jeden Organes hängt von der speziellen Construktion desselben ab; — sobald diese Struktur abweicht, wird auch die Funktion eine abweichende. Es ist deshalb ganz natürlich, daß mit der Entwickelung der Organe in dem Embryo auch diejenige der Funktionen Hand in Hand geht und sich allmählich in dem Verhältnisse ausbildet, als die Organe selbst die ihnen zukommende Textur und Mischung erhalten. So wie Ernährung des Fötus allmählich aus der gemeinsamen Zellenvegetation an das Blut übergeht und je nach den verschiedenen Gewebtheilen sich differenzirt, so erhebt sich die Funktion eines jeden Organes aus der ursprünglich allgemeinen Verschmelzung zu stets höher anwachsender Differenzirung, und die speziellen Funktionen erscheinen erst, wenn auch die speziellen Gewebtheile sich für dieselben herangebildet haben. Für die sämmtlichen Organe des Körpers hat darüber, mit Ausnahme eines einzigen, nie ein Zweifel geherrscht. Es ist nie Jemanden eingefallen, behaupten zu wollen, daß die Absonderungsfähigkeit getrennt von der Drüse, die Zusammenziehungsfähigkeit getrennt von der Muskelfaser existiren könne. Es ist nie Jemanden eingefallen, zu behaupten, daß die Muskeln, die Drüsen, sämmtliche andere Organe erst angelegt und ausgebaut würden, und daß dann zu einer bestimmten Zeit die Funktion in dieselben hineinfahre und dort sich festsetze, um ferner mit diesen Organen als ihren Instrumenten zu wirthschaften. Die Absurdität einer solchen Idee ist so auffallend, daß man nicht einmal den Muth hatte, bei den genannten Organen an dieselbe zu denken.

Was man aber bei den erwähnten Organen als unbedingt absurd zurückweisen mußte, das fand man in Folge philosophischer und theologischer Spekulationen bei dem Gehirne ganz begreiflich. Man fand und findet es noch vollkommen natürlich,

das Gehirn als ein Instrument zu betrachten, dessen sich die Seele bediene, um damit die ihr zukommenden Aeußerungen zu bewerkstelligen. Je nachdem dieses Werkzeug mehr oder minder vollkommen war, konnte auch die Seele gleichsam auf demselben mehr oder minder vollkommene Stücke spielen. Damit war die Verschiedenheit erklärt, die in den Seelenthätigkeiten des Einzelnen herrscht. Mit dem Festhalten dieser Ansicht hatte man das gewonnen, daß man eben den Inbegriff jener Gehirnfunktionen, den man Seele nannte, als etwas Immaterielles, individuell für sich Bestehendes von dem Instrumente loslöste und damit auch dessen Fortbestehen nach der Vernichtung des Instrumentes behaupten konnte. Während man also bei allen übrigen Organen die Funktion in der Art betrachtete, daß man sie als eine Eigenschaft der das Organ in bestimmter Form zusammensetzenden Materie begriff, machte man für das Gehirn eine Ausnahme, und betrachtete die Seele als eine getrennte Individualität, der man Unsterblichkeit und eine Menge anderer, überhaupt unmöglicher Eigenschaften beilegte.

In Folge dieser wunderlichen Vorstellungsweise führte man die sonderbarsten Streitigkeiten über den Zeitpunkt, in welchem die Seele in den Körper des Embryo gefahren sei. Die Einen glaubten, diesen Moment dann setzen zu müssen, wenn die ersten Bewegungen des Fötus sich zeigten. Die Seele sollte ihre hohe Ankunft durch Zuckungen der Arme und Beine dem mütterlichen Organismus anzeigen und ihn dadurch zur ferneren Gewährung des Gastrechtes auffordern. Viele behaupteten, man könne sich nicht recht vorstellen, wie die Seele durch die geschlossenen Hüllen, durch das den Embryo umgebende Wasser hindurch gelangen könne, und setzten daher den Zeitpunkt des Eintrittes der Seele in den ersten Athemzug, durch welchen gleichsam das in der Luft schwebende immaterielle Wesen in den Körper des Embryo eindringen sollte. Noch andere endlich ließen die Seele durch den Samen in das Ei gelangen und dort bis zur Geburt in latentem Zustande bleiben.



Aus diesen verschiedenen Ansichten entsprangen denn auch eigenthümliche Anwendungen, besonders in Hinsicht auf die criminelle Gesetzgebung. Wenn die Seele es war, die das eigentlich Menschliche oder Göttliche im Menschen darstellte, der Leib hingegen das vergängliche Instrument derselben, so konnte ein Verbrechen gegen das Individuum erst dann von Wichtigkeit werden, wenn die Seele wirklich in demselben sich befand. Die Vernichtung der Frucht nach dem Zeitpunkte des Eintrittes der Seele mußte deshalb ein weit strafbareres Verbrechen werden, als diejenige des unbeseelten Fötus, und die Gesetzgebung sich demzufolge nach den Spekulationen der Philosophen und Theologen richten. Man unterschied deshalb zwischen Abtreibung der Frucht und zwischen Kindesmord, und setzte den Zeitpunkt der Scheidung zwischen beiden Verbrechen je nach den verschiedenen Ansichten auch verschieden an.

Es war aber hauptsächlich die Theologie, die von jeher in allen Naturwissenschaften ihr den Fortschritt hemmendes Wort mitsprechen wollte, welche diese Vorstellungen in die Entwickelungsgeschichte hineinpflanzte und darin festzuhalten suchte. Die Seele war ihr ja zum Wirkungskreise angewiesen, sie mußte für dieselbe sorgen, nicht nur so lange sie in dem Körper weilte, sondern auch nachdem sie ihren irdischen Wohnsitz verlassen hatte, und um das Objekt ihres Daseins nicht aus den Händen entschlüpfen zu sehen, mußte die Theologie nm jeden Preis die Existenz einer von dem Körper getrennten, immateriellen und nach dem Körpertode fortdauernden Seele behaupten.

Es bedarf wohl für den Leser keiner spezielleren Darlegungen mehr, um ihm zu zeigen, in welcher Weise eine gesunde Physiologie die Frage auffaßt. Es giebt hier nur zwei Wege, die Sache anzusehen. Entweder ist die Funktion eines jeden Gewebtheils, eines jeden Organes, ein spezielles, immaterielles Wesen, das sich dieses Gewebtheiles oder Organes nur als Instrument bedient; oder aber die Funktion ist eine Eigenschaft der Materie, welche in bestimmter Form und Mischung vorhanden ist. In dem letzteren Falle sind aber auch die Seelenthätigkeiten

nur Funktionen der Gehirnsubstanz, entwickeln sich mit dieser und gehen mit derselben wieder zu Grunde. Die Seele fährt also nicht in den Fötus, wie der böse Geist in den Besessenen, sondern sie ist ein Produkt der Entwickelung des Gehirnes, so gut als die Muskelthätigkeit ein Produkt der Muskelentwickelung, die Absonderung ein Produkt der Drüsenentwickelung ist. Sobald die Substanzen, welche das Gehirn bilden, wieder in derselben Form zusammengewürfelt werden, werden auch dieselben Funktionen wieder auftreten, welche ihnen in diesen Formen und Zusammensetzungen zukommen, und es wird damit auch das wieder gegeben sein, was man eine Seele nennt.

Die Physiologie bricht demnach den Stab über diese Träumereien, die in das wirkliche Leben nur zu sehr eingriffen. Die Physiologie kennt nur Funktionen der materiellen Organe, und sieht diese schwinden, sobald das Organ vernichtet wird. Wir haben in den Briefen über die Funktionen des Nervensystemes gesehen, daß wir die Geistesthätigkeiten zerstören können, indem wir das Gehirn verletzen. Wir können uns eben so leicht aus der Beobachtung der embryonalen Entwickelung und aus derjenigen des Kindes überzeugen, daß die Seelenthätigkeiten sich in dem Maße entwickeln, als das Gehirn seine allmähliche Ausbildung erlangt. Man kennt keine Aeußerungen von Seelenthätigkeiten bei dem Fötus, wohl aber von denjenigen Funktionen, welche hauptsächlich dem Hirnstamme angehören, wie Reflexionsbewegungen und ähnliche Aeußerungen des Nerveneinflusses. Erst nach der Geburt entwickeln sich die Seelenthätigkeiten; — aber nach der Geburt auch erst bekommt das Gehirn allmählich diejenige materielle Ausbildung, welches es überhaupt erlangen kann. Mit dem Umlaufe des Lebens erhalten auch die Seelenthätigkeiten eine bestimmte Veränderung, und hören ganz auf mit dem Tode des Organes.

Die Physiologie erklärt sich demnach bestimmt und kategorisch gegen eine individuelle Unsterblichkeit, wie überhaupt gegen alle Vorstellungen, welche sich an diejenige der speziellen Existenz einer Seele anschließen. Sie ist nicht nur vollkommen berechtigt,

bei diesen Fragen ein Wort mitzusprechen, sondern es ist ihr sogar der Vorwurf zu machen, daß sie nicht früher ihre Stimme erhob, um den einzig richtigen Weg anzuzeigen, auf welchem dieselben überhaupt gelöst werden können. Man hat behauptet, die Physiologie gehe zu weit, wenn sie sich mit mehr als dem materiellen Substrate beschäftige; — sie will aber gerade die Funktionen dieses Substrates kennen lernen, und was sie als solche Funktionen erkennt, muß sie in das Reich ihrer Betrachtungen ziehen.

Man hat sich aus dem, wie man sagt, trostlosen Materialismus der physiologischen Betrachtungsweise auf die Art zu retten gesucht, daß man sagte, nicht die speziellen Funktionen seien unsterblich, sondern die Idee, welche der Entwickelung derselben zu Grunde liege. Die Grundursache, welche die Bildung der Organe und deren Funktion entstehen lasse, sei unvergänglich, und somit auch die Funktion an dieser Unsterblichkeit ihrer Ursache theilhabend. Ich muß gestehen, daß mir dieses Räsonnement nicht klar werden will. Die Materie ist das einzig Unvergängliche, was wir kennen. Mit diesem Grundsatze stehen die Naturwissenschaften freilich der Theologie schroff gegenüber, die da lehrt, nichts sei vergänglicher als die Materie, und die nur auf das Holz weist, welches im Ofen verbrennt, oder auf den Leichnam, der in der Erde verfault. Allein der Kohlenstoff, der in dem Holze war, ist unvergänglich, er ist ewig, und eben so unzerstörbar als der Wasserstoff und der Sauerstoff, mit welchen er verbunden in dem Holze bestand. Diese Verbindung und die Form, in welcher sie auftrat, ist zerstörbar, die Materie hingegen niemals. Die Materie aber hat eine bestimmte Summe von Kräften, von Funktionen, wenn man will, die ihr als Eigenschaft angehören und die von ihr ursprünglich untrennbar sind. Mit den verschiedenen Verhältnissen, in welchen die Stoffe zusammentreten, mit den Formen, die sie annehmen, differenziren sich auch die Funktionen der Materie in bestimmten Richtungen, und diese Richtungen sind es, die wir als einzelne Kräfte, als Gesetze dieser Kräfte, unterscheiden und kennen lernen. Wenn

man daher behauptet, die unsern Körper zusammensetzenden Stoffe seien unvergänglich, so ist dies vollkommen richtig, und wenn man daraus den Schluß zieht, daß auch die Funktionen dieser Materie unvergänglich seien, so ist das ebenfalls eine sichere Wahrheit. Allein die aus der Form und Zusammenstellung der einzelnen Organe hervorgehenden Funktionen sind vergänglich wie diese und entstehen erst wieder, wenn dieselbe Form und Zusammenstellung des Stoffes sich aufs Neue zusammenfindet.

Die verschiedenen Erscheinungen, welche die embryonale Entwickelung darbietet, auf eine leitende Grundidee zurückzuführen, welche dieselben bewußt oder unbewußt dem Endziele entgegenführt, ist deshalb eben so unthunlich, als eine isolirte Seele anzunehmen, welche die Lebensäußerungen des Körpers leitet. Das Ei, so wie es einmal gegeben ist, kann sich nur so entwickeln, wie es eben in der Struktur und Mischung seiner bildenden Bestandtheile begründet ist. Sobald man diese materielle Zusammensetzung des Eies ändert, ändert man auch nothwendiger Weise seine endliche Ausbildung. Man hat künstliche Mißgeburten erzeugt, indem man dem Ei oder dem werdenden Embryo verschiedene Verletzungen beibrachte, ohne daß die leitende Grundidee dieser gezwungenen Abweichung ihres Planes hätte widerstehen können. Man veränderte also mit der materiellen Zusammensetzung auch die Idee selbst und hatte diese gewissermaßen in seiner Gewalt. Die Embryologen haben bis jetzt zu wenig sich mit diesen Fragen beschäftigt, deren Wichtigkeit nicht bedeutend genug schien gegenüber den Untersuchungen, welche die materiellen Umwandlungen des Embryo's erheischten. Sie trugen unbemerkt verschiedene medicinische Ideeen in die Entwickelungsgeschichte über, und sprachen von einer Grundidee, nach welcher sich der Embryo entwickele, so wie der Arzt von einer Heilkraft der Natur oder der Lebenskraft sprach, welche sich planmäßig dem Eindringen der Krankheit widersetzen sollte. Allein, so wie man heutzutage nachgerade eine Lebenskraft lächerlich findet, die sich gegen eine Erkältung mit Schweiß, Schleim, Bodensatz im Urin und Durchlauf wehrt, so wird man auch in

kurzer Zeit eine Grundidee der embryonalen Entwickelung lächerlich finden, die sich gegen äußere Eingriffe durch Ausbildung von Mißgeburten aller Art zu vertheidigen sucht.

Es bedarf nur noch weniger Andeutungen, um die Geschichte des Embryo als Ganzes darzustellen und zu zeigen, wie die einzelnen Organe in ihrer Entwickelung sich coordiniren, und wie auf der andern Seite die Frucht während ihrer Ausbildung sich dem mütterlichen Organismus gegenüber verhält. Man kann hier je nach Belieben willkürliche Abschnitte machen, indem man diesen oder jenen Zeitpunkt als besonders maßgebend betrachtet. Die Schwangerschaft dauert bekanntlich im Ganzen zehn Mondsmonate oder vierzig Wochen. Die Schwankungen, welche man in dieser normalen Zeitdauer der Schwangerschaft beobachtet, beruhen hauptsächlich auf der Ungewißheit über den Termin, von welchem aus man den Beginn der Schwangerschaft zählen muß; in dieser Hinsicht ist es am gerathensten, von der letzten Menstruation an als derjenigen Epoche zu zählen, wo das Ei sich von dem Eierstocke loslöste und befruchtet wurde.

Den ersten Zeitraum in der Entwickelung des menschlichen Embryo's kann man etwa bis zu dem Ende der fünften Woche setzen. Bis zu dem Ende dieser Epoche, wo der Embryo etwa drei Linien lang ist, haben sich schon die wesentlichsten Organe desselben differenzirt. Das Chorion bildet eine ringsum zottige Haut, die indessen noch nirgends an den Wänden der Gebärmutter fixirt ist. Der Embryo selbst hat sich aber beinahe vollständig in der Mittellinie bis auf den spaltförmigen Nabel geschlossen. An seinem hinteren Ende tritt die Allantois; — in der Mitte des Bauches, aus der Umbeugungsstelle des Darmes, der fast gerade gestreckt ist, die Nabelblase hervor. Die Schafhaut ist eben gebildet und stellt noch einen engen, den Embryo knapp umschließenden Sack dar. Die Hirnblasen sind geschlossen, die Hemisphären des großen Gehirnes schon bedeutend hervorgewuchert und in den Augen schwarzes Pigment abgelagert. Die



Fig. 53. Ein menschliches Ei etwa aus der fünften Woche der Schwangerschaft. Das Amnios ist abgeschnitten; das Chorion dagegen mit seinen Zotten und das Nabelbläschen nebst dem Embryo wohl erhalten.

a. Chorion. b. Amnios, den Nabelstrang c. umhüllend. d. Nabelbläschen mit langem Stiele.

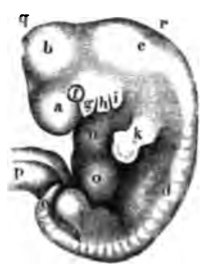


Fig. 54. Der Embryo dieses Eies stärker vergrößert. a. Vorderhirn. b. Mittelhirn. c. Hinterhirn. d. Wirbelsäule. e. Schwanz, anfangs stark entwickelt, später schwindend. f. Auge. g. Oberkiefer. h. Erster Kiemenbogen. i. Zweiter Kiemenbogen. k. Arm. l. Bein. n. Herz, in den Brustdecken eingeschlossen. o. Bauch, hauptsächlich von der Leber ausgefüllt. p. Nabelstrang. q. Kopfbeuge. r. Nackenbeuge.

Kiemenbogen sind eben im Begriffe, sich wieder vollständig zu schließen; — sie werden nur noch durch seitliche Falten am Halse angedeutet. Die Gliedmaßen zeigen sich in Form schaufelartiger Floßen ohne Theilungen; der Rumpf endet schwanzförmig. Von festeren Theilen des Skelettes sieht man nur die Chorda und die Wirbelplatten. Herz und Leber sind verhältnißmäßig sehr groß, die Wolffischen Körper beginnen schon sich zurückzubilden; Lungen, Nieren und Zeugungsorgane sind eben angelegt.

In dem zweiten Zeitraume, der bis zu dem Ende des dritten Mondmonates oder der zwölften Woche geht, entwickelt sich hauptsächlich die Verbindung des Embryo mit dem Fruchthalter durch die Placenta. Der Embryo selbst vergrößert sich bedeutend, während seine inneren Organe eine zunehmende Entwickelung zeigen. Die Beugungsstellen des Schädels haben sich allmählich ausgeglichen und der Kopf selbst hat eine kugelige Gestalt erhalten, indem er bestimmt von dem Halse abgeschnürt ist. Die knorpeligen Grundlagen aller Schädelknochen sind angelegt, und hie und da zeigt sich sogar schon Verknöcherung einzelner Punkte. Die Scheidung der Mund- und Nasenhöhle ist durch das Verwachsen des Gaumendaches vollendet; die Augenlider fertig ge-

bildet und mit einander verklebt; die Lippen eben so zu Schließung des Mundes geeignet; sämmtliche Organe der Brust- und Unterleibshöhle in ihrer relativen Lage vorhanden; — doch ist der Magen noch kurz, senkrecht gestellt und kaum von dem Darme geschieden, die Nieren lappig. Die Hoden oder Eierstöcke liegen dicht unter den Nieren; die äußeren Zeugungsorgane sehen einander außerordentlich ähnlich, so daß beide Geschlechter schwer von Außen zu unterscheiden sind. Die Gliedmaßen sind vollständig entwickelt, aber verhältnißmäßig noch klein, und in ihren Proportionen abweichend von denen des Erwachsenen, indem die Endglieder verhältnißmäßig weit größer sind, als die Mittelglieder. Die Placenta ist vollständig entwickelt, das Chorion flockenlos.

Die ganze Zeit bis zum Ende des dritten Mondsmonats und bis zur vollständigen Ausbildung der Verbindung zwischen Mutter und Frucht kann man als den ersten Zeitraum der Schwangerschaft bezeichnen. Während dieser Zeit sind die äußeren Zeichen der Schwangerschaft selbst noch sehr trügerisch, ungewiß, und können leicht mit andern krankhaften Zuständen verwechselt werden. Der Congestionszustand in den Geschlechtstheilen, welcher durch die Einsaat des Eies bedingt ist, giebt sich durch mancherlei Zufälle, besonders nervöser Art, zu erkennen, namentlich durch Reizung des Magens, Ekel und Erbrechen, das oft die größte Hartnäckigkeit besitzt, und keinem Mittel weichen will. Dazu gesellen sich sehr häufig hysterische Zufälle aller Art, wie denn die Gelüste der Schwangeren von jeher manchen Stoff zu Satyre geboten haben. Sobald einmal die Verbindung zwischen Mutter und Frucht vollständig in der Placenta hergestellt ist, verschwinden diese krankhaften Erscheinungen allmählich wieder, so daß sich die Schwangere in den späteren Zeiten wohler befindet, als im Anfange.

Der dritte Zeitraum der Embryonalbildung kann etwa bis zu dem sechsten Monate gesetzt werden; — indem um diese Zeit herum der Embryo schon fähig wird, außerhalb des mütterlichen Organismus sein Leben fortzusetzen. Es versteht sich

der selbst, daß dann die sämmtlichen Organe so weit entwickelt sind, daß der [illegible] empfangen; die Ernährung durch den Darm [illegible] werden kann und die Drüsen befähigt sind, ihren Functionen vorzustehen. Die äußere Haut, die früher [illegible] und dünn war, wird fester und bedeckt sich fast überall mit eigenthümlichen Wollhaaren, welche später wieder schwinden. Die Nägel beginnen hornig zu werden, obgleich ihre Consistenz kaum bedeutender ist, als die der übrigen Haut; diese letztere liegt überall dem Körper nur schlaff an, so daß sie Falten und Runzeln bildet, welche besonders dem Gesichte ein greisenartiges altes Aussehen geben, was später durch Ansammlung von Fett unter der Haut wieder schwindet. Bei kranken, schlecht genährten Embryonen aber bleibt dieses ältliche Aussehen und kann stets als ein sicheres Zeichen von Unreife oder krankhafter Constitution des Kindes angesehen werden.

Während dieser Zeit, in welcher der Embryo etwa fünfzehn Zoll lang und gegen zwei Pfund schwer wurde, entwickeln sich bei der Mutter besonders die eigenthümlichen äußeren Zeichen der Schwangerschaft durch allmähliches Hervordrängen der ausgedehnten Gebärmutter über den Raum des kleinen Beckens, so wie durch sichtliche Veränderungen des Muttermundes. Der Leib wölbt sich in dieser Zeit mehr und mehr hervor, und die Eingeweide werden durch die Ausdehnung der Gebärmutter nach oben und hinten zusammengeschoben.

In dem letzten Zeitraume der Schwangerschaft ist es hauptsächlich die Vermehrung der Masse des Embryo, ohne bedeutende Veränderungen in der Structur der Organe, so wie die allmähliche Vorbereitung der Trennung, auf welche die Richtung der bildenden Thätigkeit hingelenkt wird. Ein vollkommen reifes Kind ist sechs bis sieben Pfund schwer, achtzehn bis zwanzig Zoll lang, und liegt in gekrümmter Stellung in der Gebärmutter, mit dem Kopfe nach unten und dem Steiße nach oben. Der Kopf ist gegen die Brust hin eingebogen, die Arme über einander geschlagen, die Füße gegen den Leib gezogen; — kurz die ganze Lage gleicht derjenigen eines Igels, der sich zusammen-

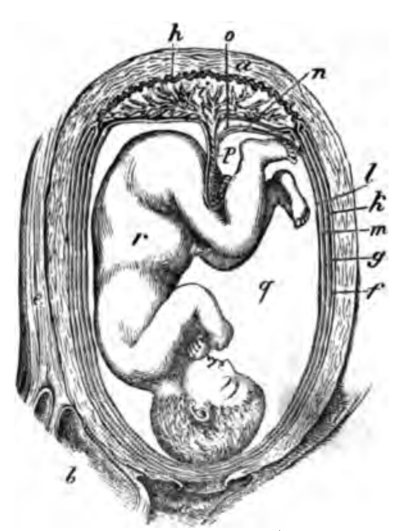


Fig. 54. Der ausgebildete Fötus in natürlicher Lage im Uterus. a. Muskelwand des Uterus. b. Harnblase. c. Scheide. d. Hinterer Beckenraum. e. Bauchwand. f. g. k. l. m. Die an die Gebärmutterwand angedrückten Eihäute. h. Die Placenta. i. Gefäße der Placenta. n o. Die Schafhaut. p. Der Nabelstrang. q. Raum des Schafwassers. r. Embryo.

rollt. Die Nägel eines solchen Kindes sind fest und hornig, das Kinn angedeutet, die Knochen des Kopfes alle gebildet, wenn auch nicht vollständig mit einander verbunden. Aus diesem Grunde zeigen sich an dem Schädel zwei bedeutendere Lücken, die ihrer abweichenden Gestalt und Größe wegen für den Geburtshelfer die wesentlichsten Hülfsmittel zur Erkennung der Lage des Kindes bilden. Die vordere dieser Lücken oder die große Fontanelle hat eine rhomboidale Gestalt und liegt an der Stelle, wo die beiden Stirnbeine und die beiden Scheitelbeine mit einander zusammentreffen, mithin auf der Höhe der Stirn etwas hinter dem Beginne der Kopfhaare; — die kleine Fontanelle, die dreieckig ist, liegt ebenfalls in der Mittellinie an dem Punkte, wo die beiden Scheitelbeine und die Schuppe des Hinterhauptbeines mit einander zusammenstoßen.

Durch die Geburt wird der Embryo von dem mütterlichen Organismus ausgestoßen und zu selbstständigem Leben angewiesen.

[illegible]

... die Gebärmutter [illegible] und mehr nach während des Wochenbettes auf ihren früheren Umfang zurück.

Der Säugling selbst beginnt mit dem ersten Athemzuge sein selbstständiges Leben. Durch die Erfüllung der Lungen mit Luft und durch die Entfernung der Placenta von der Gebärmutter ist dem Kreislaufe eine andere Richtung gegeben worden, die Aufnahme von Stoffen aus dem Blute der Mutter kann nicht mehr Statt finden, und somit ist dem Kinde das Bedürfniß nach selbstständiger Ernährung da, welche im Anfange freilich noch durch eine eigenthümliche Secretion der Mutter, durch die Milch, vermittelt wird.

Neunundzwanzigster Brief.

Elterlicher Einfluß. Mißbildungen.

Die materielle Bedingung der Zeugung, welche durch den Eintritt eines Samenthierchens in das Ei gegeben zu sein scheint, dürfte eine ihrer wesentlichsten Grundlagen in der längst gemachten und stets wiederholten Beobachtung finden, daß bei der erzeugten Nachkommenschaft nicht nur Eigenthümlichkeiten der Mutter, sondern auch solche des Vaters sich forterben. So lange man bei der Ansicht stehen bleiben mußte, daß der männliche Same nur eine Contaktwirkung, eine Art Gährung in dem Ei erzeuge, in Folge deren die eigenthümliche Gruppirung der Elemente zum Embryo einträte, so lange war auch in der Vererbung der väterlichen Eigenthümlichkeiten ein Räthsel hingestellt, das in keiner Weise zu lösen war. Jetzt aber, wo die Beobachtung, wie es scheint, nachgewiesen hat, daß der Embryo das Produkt zweier materiell sich verschmelzender Faktoren : des väterlichen Samenthierchens und des mütterlichen Eies, ist, jetzt kann es auch nicht mehr wunderbar erscheinen, daß in der That materielle Eigenthümlichkeiten von beiden Zeugenden auf das Erzeugte übergehen.

Schon die Familienähnlichkeit liefert hiefür einen Beweis, und wenn auch dieselbe vielfach betrogenen Ehemännern gegenüber mißbraucht worden ist, so läßt sie sich doch nicht durchaus wegläugnen, und beurkundet sich oft auffallend durch die Aehnlichkeiten, welche Kinder einer und derselben Familie trotz der Verschiedenheit ihrer Gesichtszüge namentlich den Fremden erkennen lassen. Diese allgemeine Aehnlichkeit fällt besonders dann auf, wenn man mit fremden Völkerstämmen zusammenkommt,

deren einzelne Glieder uns alle über denselben Leist geschlagen erscheinen. Man erinnert sich in Deutschland noch sehr wohl des Eindruckes, den die russischen Horden bei ihrem Erscheinen im Befreiungskriege machten. Man konnte die Kalmuken, die Baschkiren durchaus nicht von einander unterscheiden, da eben nur die allgemeine Uebereinstimmung ihrer Züge frappirte und die individuelle Abweichung dem überraschten Auge entging. Ich selbst bin hundertmal mit meinem Bruder verwechselt worden und habe bei dem besten Willen auch keinen einzigen Zug finden können, worin ich ihm etwa ähnlich sehe; eben so oft haben mich Leute auf den ersten Blick erkannt, welche nur meinen Vater oder meine Mutter gesehen hatten.

Diese Familienähnlichkeit spricht sich nicht nur in dem Gesichte, sondern auch in allen anderen Theilen des Körpers, namentlich aber an Händen und Füßen, oft noch überraschender aus, weil diese Theile weniger durch Fettansatz oder durch psychische Einflüsse verändert werden. Seit früher Jugend bin ich auf diesen Punkt aufmerksam geworden durch eine Debatte, welche in meiner Gegenwart darüber geführt wurde, ob ich mehr dem Vater oder der Mutter ähnlich sei, oder, wie man sich ausdrückte, ob ich ein Vogt oder ein Follenius sei. Die Gründe waren auf beiden Seiten gleich stark. Endlich aber entschied eine meiner Tanten kategorisch mit dem Ausrufe: „Seht nur seine Hand an, das ist die Vogtische Hand,“ und in ihrem Familienstolze fügte sie hinzu: „So eine Hand mit solchen Entenschwanzfingern kann gar kein anderer Mensch haben!“

Wenn diese Beobachtungen richtig sind, was wohl keinem Zweifel unterliegen kann, so ist auch der Schluß gerechtfertigt: daß die inneren Theile in ähnlicher Weise den Stempel der Familienähnlichkeit tragen; daß gewisse kleine Formeigenthümlichkeiten in allen Organen sich finden, die uns nur deshalb entgehen, weil wir die verbindenden Glieder, welche dieselbe Eigenthümlichkeit zeigen, nicht so täglich vor Augen haben, wie dies bei äußeren Theilen der Fall ist. Es geht uns in allen Dingen, wie bei den oben citirten Baschkiren. Wir suchen zuerst die

Aehnlichkeiten, und nur bei längerem und wiederholtem Nachforschen treten die Verschiedenheiten unserer Kritik entgegen. So darf es denn auch nicht verwundern, wenn es den Anatomen noch nicht gelungen ist, Familienähnlichkeiten in der Gestalt von Lunge, Leber, Herz u. s. w. nachzuweisen, deren Vorhandensein doch eben so wahrscheinlich ist, als bei Gesicht und Händen, und auch durch die Erblichkeit der Krankheitsanlagen wahrscheinlich gemacht wird. Bei einem Organe indessen gelingt uns diese Nachweisung leicht durch die nach Außen tretende Funktion: ich meine das Gehirn. Wenn man auch sagt, daß geistreiche Männer gewöhnlich dumme Söhne zeugen, so findet man doch bei genauerer Nachforschung stets die Grundlagen der väterlichen und mütterlichen geistigen Eigenschaften in dem Kinde wieder, obgleich sie hier oft in eigenthümlicher Weise combinirt und nach gewissen Richtungen einseitig entwickelt erscheinen. Ganz wahr ist es darum, wenn Göthe sagt:

Vom Vater hab' ich die Natur,
Des Lebens ernstes Führen,
Vom Mütterchen die Frohnatur
Und Lust zu Fabuliren.

Für Denjenigen, welchem die Seele ein immaterielles, in den Körper hineingepflanztes Wesen ist, liegt freilich in dieser geistigen Familienerbschaft ein unlösbares Räthsel, wenn er nicht annehmen will, daß die Seelen der Eltern im Zeugungsakte sich theilen, was denn auch eine mißliche Sache für die Individualität der Seele ist. Für Denjenigen aber, der auf dem Boden der Beobachtung und der Thatsache fußend die Seelenthätigkeiten nur als Funktion des materiellen Substrates der Gehirnsubstanz betrachtet und der überzeugt ist, daß der Satz überall gilt: Form und Materie bestimmen die Funktion; für den wird es nicht überraschend sein, daß formelle Eigenthümlichkeiten in der Ausbildung des Gehirnes, von den Eltern ererbt, auch spezifische Eigenthümlichkeiten in den Seelenthätigkeiten zur Folge haben müssen.

Zur Entscheidung der Frage: welches zeugende Individuum mehr Einfluß auf die Nachkommenschaft habe, ob der Vater oder die Mutter, dienen besonders die Fälle von Mischlingen zwischen verschiedenen Menschen- und Thierarten. Im Allgemeinen kann man sagen, daß bei solchen Mischungen die Eigenthümlichkeiten des Bastards zwischen Vater und Mutter getheilt sind, so daß z. B. die Mischlinge von Negern und Weißen so ziemlich das Mittel zwischen beiden Eltern halten. Bei der Thierzüchtung geht man freilich, im Occident wenigstens, von der Ansicht aus, daß der Vater das prädominirende Element sei, und man verwendet deshalb weit größere Sorgfalt auf die Zucht der Stiere, Hengste und Böcke, als auf diejenige der entsprechenden Weibchen. Im Oriente dagegen geht man von der entgegengesetzten Ansicht aus, und die Araber setzen nicht nur einen weit größeren Werth auf die Stuten, sondern führen auch die Genealogieen ihrer edlen Rosse nicht nach den Vätern, sondern nach den Müttern.

Die statistischen Untersuchungen haben nachgewiesen, daß in Beziehung auf das Geschlecht der Nachkommenschaft das Alter der beiden Zeugenden einen wesentlichen Einfluß übe, und es ist wohl möglich, daß auch in Beziehung auf andere Eigenthümlichkeiten dieser Einfluß sich geltend mache. Es steht jetzt fest, daß um so mehr Knaben in einer Ehe geboren werden, je älter der Mann im Verhältniß zur Frau ist, wobei man einen Unterschied von sechs bis zehn Jahren etwa als dasjenige Verhältniß ansehen muß, in welchem beide Eltern einander das Gleichgewicht halten. Bei gleichem Alter oder bei überwiegendem Alter der Frau steht die Wahrscheinlichkeit zu Gunsten der Mehrzahl weiblicher Nachkommenschaft. Das Uebergewicht des neugeborenen Knaben im Verhältniß zu den Mädchen, welches sich von 102 bis 107 zu 100 je nach den verschiedenen Ländern abstuft, rührt einzig davon her, daß im Durchschnitte die Männer 10 bis 15 Jahre älter sind, als ihre Frauen. Die Statistik tritt somit der gewöhnlichen Volksansicht schnurstracks entgegen, indem sie uns belehrt, daß bei Ehen von Greisen mit jungen Mädchen die größte Wahrscheinlichkeit für die Erzeugung von Knaben vorhanden sei.

Ob auch andere Verhältnisse auf die Bestimmung des Geschlechtes der Frucht einen Einfluß haben können, ist eine andere Frage, die wir zwar nicht von der Hand weisen können, zu deren Lösung aber bis jetzt nur leere Träumereien oder Theorieen vorgebracht werden konnten, welche durch die Beobachtung widerlegt wurden. Schon im Alterthume glaubte man, daß der rechte Eierstock und Hode die Knaben, der linke die Mädchen erzeuge, und schon im Alterthume wurde diese ziemlich festgewurzelte Ansicht auf das Gründlichste widerlegt. Wenn man aber so einerseits zugiebt, daß die Beobachtung in dieser Weise uns noch keine Fingerzeige gegeben hat, so ist doch anderseits der Ausspruch, daß es aller providentiellen Weltregierung widersprechen würde, wenn die Bestimmung des Geschlechtes der Kinder den Eltern in die Hand gegeben werde, geradezu einfältig zu nennen; denselben Einwurf machte man zur Zeit der Blatternimpfung und den Blitzableitern, die ebenfalls die providentielle Weltordnung in Beziehung auf Sterblichkeit und Feuersbrünste erheblich änderten. Der Einwurf bei dieser Frage ist aber um so thörichter, als der Mensch schon, freilich ohne direkten Willen, die providentielle Weltordnung auch hier geändert hat. Die Staatseinrichtungen haben jetzt schon, indem sie in vielen Staaten die Bedingungen zur Heimath für die Männer so stellten, daß denselben erst im späteren Alter genügt werden kann, die ursprüngliche providentielle Weltordnung so tief modificirt, daß bei weitem mehr Knaben geboren werden, als dies bei völliger Freiheit in diesem Punkte geschehen würde, und es ist im Gegentheile eben so denkbar, daß erst dann, wenn einmal die Bedingungen zur Zeugung eines bestimmten Geschlechtes bekannt sind, und dadurch es in das Belieben der Leute gestellt wird, sich das Geschlecht ihrer Kinder im Voraus auszuwählen, durch diese freie Wahl die ursprüngliche Norm möglicher Weise wieder hergestellt wird.

Die Mißgeburten, welche nicht nur beim Menschen, sondern auch bei Thieren, und selbst bei wilden Thieren, ziemlich häufig vorkommen, wurden in frühester Zeit als Zeichen des Zornes der Gottheit angesehen, welche dadurch bevorstehendes Unglück,

[illegible] und andere Ausbrüche der [illegible] anzeigen sollte. Es war dies darum eine nothwendige Folgerung aus dem Glauben, welcher die Entstehung eines jeden organischen Wesens einem besondern Schöpfer unterlegte. Einen derselben unmittelbar aus natürlichen Gesetzen herzuleiten zu wissen. In der That ist nicht abzusehen, warum man sich von dieser Ansicht der übeln Bestimmungskraft der Mißbildungen frei machen will, wenn man den ersten Ursprung derselben annimmt. Wenn das organische Wesen aus der Hand eines bewußten Schöpfers hervorgeht, so müssen auch die Mißbildungen einen bestimmten bewußten Zweck haben, den man nur [illegible] Gestalten [illegible] unterscheiden kann.

Die wunderlichen Gestalten, welche viele Mißgeburten darbieten, gaben Gelegenheit zu den mannigfaltigsten Deutungen, besonders aber zu höchst seltsamen Vergleichen mit allerhand Dingen, mit denen man [illegible] fand. So wie man in den bizarren Formen der [illegible] Aehnlichkeiten erblickt, die meist nur demjenigen klar werden, dem man sie vorher andeutet, während der Uneingeweihte sie vergeblich sucht, so sah man auch in den Mißgeburten alle möglichen Combinationen ekelhafter Thiere mit menschlichen Formen. Von den Wundermalern an bis zu den ausgezeichneten Mißgeburten schlang sich in dieser Weise für das Volk eine Reihe phantastischer Gestalten, die stets neuen unerwarteten Zuwachs fand. Jedermann weiß, daß in den anatomischen Museen die Mißgeburten den für das Publikum interessantesten Theil der Sammlung ausmachen, und wenn man die Gespräche hört, welche über deren Gestalten geführt werden, so kann man nicht umhin, zu finden, daß trotz der [illegible] Aufklärung noch manche Vorurtheile unter dem Volke herrschen.

Das Volk sucht meistens die Ursache der Mißbildungen nicht in dem Keime oder in dem Fötus, sondern vielmehr in der Mutter, und es ist eine ziemlich allgemeine Ansicht, daß die Schwangeren sich versehen können, und daß dann der Fötus in Folge dieses Versehens eine Mißbildung an sich trage, welche gewissermaßen die Form und das Aussehen desjenigen

Objektes wiederhole, an welchem sich die Schwangere versehen habe. Eine Schwangere erschrickt über einen Truthahn, der auf sie zukommt; — das Kind, welches sie gebiert, hat an dem Arme eine erektile Blutgeschwulst, die blauroth aussieht. Es ist klar, daß die Schwangere sich an dem Truthahn versehen hat, und daß der fleischige Anhang, den dieser Vogel an dem Schnabel trägt und der ihm beim Zorne schwillt, von der Natur auf dem Arme des Kindes nachgebildet wurde. Man hat hundert und aber hundert Geschichten dieser Art, welche alle in ähnlicher Weise verknüpft sind, und man kann wohl sagen, daß manche arme Schwangere die ganze Zeit, in welcher sie sich ihres Zustandes bewußt ist, in Kummer und Sorgen zubringt, damit sie sich nicht versehen und eine Mißgeburt zur Welt bringen möchte. Die Theorie des Versehens mag wohl so alt sein, als das Menschengeschlecht selber, und da man in unserer Zeit der historischen Rechte einen Irrthum um so ehrwürdiger findet, je älter er ist, so verdient auch dieser einige Beachtung. Gründete ja doch Erzvater Jakob zuerst die Theorie des erlaubten Betruges auf den Grundsatz des Versehens, indem er den Schafen seines Schwiegervaters beim Tränken gesprenkelte Stäbchen vorlegte und so die Erzeugung gefleckter Lämmer bewerkstelligte. Bei den Hebräern herrschte also der Glaube an das Versehen in hohem Grade. In nicht minderem Ansehen stand dieser Glaube bei den alten Griechen, wo Hippokrates durch die Berufung auf denselben, wie erzählt wird, eine Prinzessin von der Anklage des Ehebruches rettete, die ihrem weißen Gemahle ein schwärzliches Negerkind geboren hatte. Hippokrates behauptete nämlich, die Prinzessin habe sich an dem Bilde eines Negers versehen, das an ihrem Bette hing. Der Stifter der Medicin würde mit dieser Theorie heutzutage in Westindien und Brasilien wohl nur wenig Glück machen, und ein Schafzüchter unserer Zeit würde zur Erzeugung gesprenkelter Lämmer lieber verschiedenartig gefärbte Böcke und Schafe, als gescheckte Stäbe benutzen, wahrscheinlich auch bei diesem Verfahren sicherere Resultate erzielen, als der Erzvater der Juden bei dem seinigen.

Es ist keine Frage, daß die Verbindung zwischen Mutter und Frucht bei den Säugethieren der Art ist, daß bestimmte Einflüsse von dem mütterlichen Organismus auf denjenigen des Kindes übertragen werden können. Es existirt zwar keine direkte Verbindung zwischen Mutter und Frucht, allein wir haben gesehen, daß die Blutmassen beider in steter Wechselwirkung mit einander stehen und eine lebhafte Endosmose zwischen denselben vermittelt wird. Wir wissen aber, wie schnell gemeinschaftliche Affekte bei reizbaren Personen auf die ganze Ernährung und somit auf die Zusammensetzung der Blutmasse einwirken können. Daß diese Veränderungen sich auf die Blutmasse des Fötus übertragen und Störungen in der Ernährung desselben hervorbringen, oder, mit andern Worten, den Fötus krank machen können, ist leicht einzusehen. Wir wissen bestimmt, daß Krankheiten der Mutter sich auf das Kind übertragen, daß syphilitische Mütter z. B. durch und durch angesteckte Kinder geboren haben, daß verschiedene Säftemischungen, Kachexien sich von der Mutter auf das Kind forterben; — allein diese Uebertragungen sind dennoch im Ganzen seltener, als man glauben könnte, und der Einfluß des mütterlichen Organismus auf den kindlichen beschränkter, als man erwarten sollte. Die Fehlgeburten und Frühgeburten, welche so häufig Statt haben, darf man nicht als Beweise für diesen Einfluß der Mutter anführen, da sie hauptsächlich durch krankhafte Zustände der Geschlechtstheile oder des mütterlichen Organismus bedingt sind. Die meisten Fehlgeburten fallen zwischen den vierten und fünften Monat der Schwangerschaft, d. h. in eine Zeit, wo der Embryo fast vollständig ausgebildet ist, wo er aber bedeutend wächst und die rasche Ausdehnung des Uterus in dem gewöhnlichen Verhalten der übrigen Organe Störungen hervorbringt. Sobald diese einmal sich an die stärkere Ausdehnung der Gebärmutter gewöhnt haben, werden auch die Fehlgeburten seltener; — ein sicherer Beweis, daß diese Zufälle hauptsächlich durch den Zustand der mütterlichen Organe bedingt sind.

Die Organe des Embryo sind, wie wir schon früher gesehen haben, zu Ende des zweiten Monats der Schwangerschaft größtentheils angelegt, und von diesem Zeitpunkte an nur in ihrer Entwickelung begriffen. Die engere Verbindung zwischen der Gebärmutter und dem Embryo entwickelt sich aber erst, wenn die Hauptanlagen der Organe schon gegeben sind. Die Wechselwirkung der beiderseitigen Blutmassen in der Placenta findet erst nach dieser Zeit Statt, und es ist somit höchst unwahrscheinlich, daß früher psychische Einflüsse auf das Leben des Embryo und die Entwickelung seiner Organe Einfluß haben könnten. Die meisten Geschichten, welche das Versehen der Schwangeren darthun sollen, beziehen sich aber auf die späteren Monate der Schwangerschaft, wo die Organe schon denjenigen Zustand der Entwickelung überschritten haben, den sie bei der Mißbildung zeigen. Wenn eine Schwangere z. B. deshalb ein Kind mit einem Wolfsrachen geboren haben soll, weil sie sich im vierten oder fünften Monate an irgend einem Gegenstande versah und über denselben erschrack, so kann man geradezu behaupten, daß dies unmöglich sei, indem in diesem Zeitpunkte der knöcherne Gaumen und die ursprüngliche Lippenspalte schon längst hätten geschlossen sein sollen, die Mißbildung demnach schon früher existirte, als ihr eingebildeter Grund, der Schreck und das Versehen, Statt hatte.

Wir kennen eine große Menge von Thatsachen, die darauf hinzeigen, daß schon in der ursprünglichen Anlage des Kindes zuweilen Verhältnisse obwalten, welche Mißbildungen bedingen. Fast alle ganz jungen, durch Fehlgeburten abgegangenen Eier, die man bis jetzt untersucht hat, waren offenbar krank, indem bald der Embryo, bald seine Häute Abweichungen von der normalen Struktur zeigten. Es giebt gewisse Mißbildungen, welche in den Familien sich forterben, und mancher mütterliche Organismus erzeugt neue Keime, die in einzelnen Organen abnorme Entwickelungsrichtungen darthun. So giebt es Frauen, welche nur Kinder mit überzähligen Fingern, mit Hasenscharten, mit mangelhafter Entwickelung des Gehirnes zur Welt bringen,

Es ist keine Frage, daß die Verbindung zwischen Mutter und Fötus [illegible] der [illegible] der Art ist, daß bestimmte Einflüsse von dem mütterlichen Organismus auf denjenigen des Fötus übertragen werden können. Es existirt zwar keine direkte Verbindung zwischen Mutter und Frucht, allein wir haben gesehen, daß die Blutmassen beider in steter Wechselwirkung mit einander stehen und eine lebhafte Endosmose zwischen denselben vorhanden ist. Wir wissen aber, wie schnell gemeinschaftliche [illegible] der [illegible] [illegible] auf die ganze Ernährung und sogar auf die Zusammensetzung der Blutmasse einwirken können. Daß diese Veränderungen sich auf die Blutmasse des Fötus übertragen und Störungen in der Ernährung desselben hervorbringen, oder, mit andern Worten, den Fötus krank machen können, ist leicht begreiflich. Wir wissen bestimmt, daß Krankheiten der Mutter sich auf das Kind übertragen, daß syphilitische Mütter z. B. durch und durch angesteckte Kinder geboren haben, daß verschiedene Säftemischungen, Kachexien sich von der Mutter auf das Kind vererben: — allein diese Uebertragungen sind dennoch im Ganzen seltener, als man glauben könnte, und der Einfluß des mütterlichen Organismus auf den kindlichen beschränkter, als man erwarten sollte. Die Fehlgeburten und Frühgeburten, welche so häufig Statt haben, darf man nicht als Beweise für diesen Einfluß der Mutter anführen, da sie hauptsächlich durch krankhafte Zustände der Geschlechtstheile oder des mütterlichen Organismus bedingt sind. Die meisten Fehlgeburten fallen zwischen den vierten und fünften Monat der Schwangerschaft, d. h. in eine Zeit, wo der Embryo fast vollständig ausgebildet ist, wo er aber bedeutend wächst und die rasche Ausdehnung des Uterus in dem gewöhnlichen Verhalten der übrigen Organe Störungen hervorbringt. Sobald diese einmal sich an die stärkere Ausdehnung der Gebärmutter gewöhnt haben, werden auch die Fehlgeburten seltener; — ein sicherer Beweis, daß diese Zufälle hauptsächlich durch den Zustand der mütterlichen Organe bedingt sind.

Die Organe des Embryo sind, wie wir schon früher gesehen haben, zu Ende des zweiten Monats der Schwangerschaft größtentheils angelegt, und von diesem Zeitpunkte an nur in ihrer Entwickelung begriffen. Die engere Verbindung zwischen der Gebärmutter und dem Embryo entwickelt sich aber erst, wenn die Hauptanlagen der Organe schon gegeben sind. Die Wechselwirkung der beiderseitigen Blutmassen in der Placenta findet erst nach dieser Zeit Statt, und es ist somit höchst unwahrscheinlich, daß früher psychische Einflüsse auf das Leben des Embryo und die Entwickelung seiner Organe Einfluß haben könnten. Die meisten Geschichten, welche das Versehen der Schwangeren darthun sollen, beziehen sich aber auf die späteren Monate der Schwangerschaft, wo die Organe schon denjenigen Zustand der Entwickelung überschritten haben, den sie bei der Mißbildung zeigen. Wenn eine Schwangere z. B. deshalb ein Kind mit einem Wolfsrachen geboren haben soll, weil sie sich im vierten oder fünften Monate an irgend einem Gegenstande versah und über denselben erschrack, so kann man geradezu behaupten, daß dies unmöglich sei, indem in diesem Zeitpunkte der knöcherne Gaumen und die ursprüngliche Lippenspalte schon längst hätten geschlossen sein sollen, die Mißbildung demnach schon früher existirte, als ihr eingebildeter Grund, der Schreck und das Versehen, Statt hatte.

Wir kennen eine große Menge von Thatsachen, die darauf hinzeigen, daß schon in der ursprünglichen Anlage des Kindes zuweilen Verhältnisse obwalten, welche Mißbildungen bedingen. Fast alle ganz jungen, durch Fehlgeburten abgegangenen Eier, die man bis jetzt untersucht hat, waren offenbar krank, indem bald der Embryo, bald seine Häute Abweichungen von der normalen Struktur zeigten. Es giebt gewisse Mißbildungen, welche in den Familien sich forterben, und mancher mütterliche Organismus erzeugt neue Keime, die in einzelnen Organen abnorme Entwickelungsrichtungen darthun. So giebt es Frauen, welche nur Kinder mit überzähligen Fingern, mit Hasenscharten, mit mangelhafter Entwickelung des Gehirnes zur Welt bringen,

andere, bei welchen unter mehreren Kindern einige normal entwickelt, die andern mißbildet sind. Das constante Vorkommen derselben Bildungsfehler bei den Produkten eines und desselben mütterlichen Organismus berechtigt uns zu dem Schlusse, daß die Keime, welche dieser mütterliche Organismus erzeugt, von Anfang an den Grund solcher Mißbildungen an sich tragen.

Nicht minder sind Fälle bekannt, wo der Einfluß des Samens ebenfalls ein abnormer genannt werden kann. In einer schlesischen Rindviehheerde, die einen einzigen Zuchtstier hatte, kamen während eines Jahres zehn Mißgeburten vor. Man entfernte den Stier und die Züchtung wurde nun vollkommen normal. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß das Ei an sich zwar von seiner ursprünglichen Bildung her gewisse abnorme Organisationsrichtungen mitbringen kann, daß aber dieselben auch durch die Einwirkung des männlichen Samens eingeführt werden können. Jedoch beschränkt sich dieses lediglich nur auf diejenigen Eigenthümlichkeiten, welche in dem Gesammtorganismus wurzeln, nicht aber auf zufällige Verstümmelungen. Man hat zwar einzelne Fälle solcher Forterbungen erzählt, wie z. B. von Pferdefüllen und jungen Hunden, die mit abgekürzten Schwänzen zur Welt kamen und deren Eltern durch Generationen hindurch englisirt worden waren. Diese Fälle dürften aber um so weniger constatirt erscheinen, als diejenigen Verstümmelungen, die von ganzen Völkerstämmen systematisch durch Jahrhunderte hindurch geübt werden, wie z. B. das Abplatten der Köpfe bei amerikanischen Stämmen, das Verstümmeln der Füße bei den Chinesinnen, das Beschneiden bei Orientalen und Juden und das Ohrlöcherbohren in der übrigen civilisirten und nichtcivilisirten Welt, noch nirgends sich bei den Nachkommen fortgeerbt hat.

Wir haben unwiderlegbare Beweise dafür, daß der Fötus während seiner Entwickelung selbstständig krank werden kann, und daß Mißbildungen als Resultate dieser Krankheiten zurückbleiben können. Es werden durch diese Krankheiten hauptsächlich wassersüchtige Anschwellungen erzeugt, die in den verschiedenen Höhlen der embryonalen Organe sich ausbilden und auf diese Weise

mannigfaltige Formen der Mißgeburten erzeugen. Auch manche andere Mißbildungen, wie namentlich Gefäßgeschwülste, beruhen sicherlich auf Krankheitsprozessen, welche mehr oder minder denen des Erwachsenen entsprechen. Selbst durch äußere Einwirkungen können dergleichen krankhafte Mißbildungen erzeugt werden. Man hat mehr oder minder begründete Beispiele, daß durch einen Stoß oder Schlag auf den Unterleib der Fötus mechanische Verletzungen erlitt, oder daß durch eigenthümliche Verhältnisse des Eies selbst, durch Verwickelungen des Nabelstranges 2c., solche mechanische Verletzungen erzeugt wurden. Man hat sogar künstliche Mißbildungen erzeugt, die man durch mechanische Verletzungen des Embryo's hervorbrachte.

Aus allem diesem geht hervor, daß wir in der ursprünglichen Bildung der Keime und der befruchtenden Flüssigkeit, so wie in den zufälligen Störungen, welche der Fötus während der Entwickelung erleiden kann, Ursachen genug finden zu Mißbildungen der Frucht, und daß wir nicht zu dem alten Irrwahne des Versehens unsere Zuflucht zu nehmen brauchen, um die Entstehung solcher Mißbildungen zu erklären. Wenn alle Frauen, welche während ihrer Schwangerschaft erschrecken oder irgend einen andern unangenehmen Eindruck erleiden, mißbildete Kinder zur Welt bringen müßten, so würden wir wahrhaftig nur Mißgeburten entstehen sehen, und so weit sind wir doch noch nicht gekommen, trotz allen Entartungen des Menschengeschlechts, welche uns von altem und jungem Unverstand gepredigt wird.

Während in früheren Zeiten man sich mannigfach auf das Anstaunen der abnormen Gestalten, welche die Mißbildungen darbieten, beschränkte und darin einen unmittelbaren Eingriff der schöpfenden Kraft erblicken zu müssen glaubte, erkannte man mit dem Zunehmen wissenschaftlicher Bestrebungen mehr und mehr, daß die Mannigfaltigkeit der Formen in den Mißbildungen dennoch gewissen Gesetzen gehorcht, die man um so besser zu würdigen verstand, je genauer man die Entwickelungsgeschichte überhaupt in ihren Erscheinungen studirte. Je mehr man mit der früheren Entwickelung der Embryonen vertraut

wurde, desto mehr lernte man viele Mißbildungen als ein Zurückbleiben auf früherer Stufe der Bildung kennen. Wenn man z. B. Neugeborene sah, bei welchen die Bauchdecken vorn gespalten waren und die Eingeweide bloß lagen, so war es bei einiger Kenntniß der Entwickelungsgeschichte leicht einzusehen, daß diese Bildung einer früheren Zeit angehöre, in welcher die Bauchdecken normal sich noch nicht in dem Nabel zusammengeschlossen haben. Solche und ähnliche Mißbildungen nannte man Hemmungsbildungen, und begriff darunter alle diejenigen Fälle, in welchen eine in früherer Zeit normale Struktur des embryonalen Leibes in abnormer Weise sich länger erhalten hatte, als ihr gesetzmäßiger Weise zukam. Solche Hemmungsbildungen begründeten begreiflicher Weise Thierähnlichkeiten, wenn sie in solchen embryonalen Charakteren auftraten, die in niederen Wirbelthieren auch im erwachsenen Zustande sich bleibend erhalten. In andern Fällen hingegen betreffen diese Hemmungsbildungen solche embryonale Charaktere, die niemals bleibend sich entwickeln, sondern stets nur vorübergehend auftreten. Da man früher die vergleichende Anatomie besser kannte, als die Entwickelungsgeschichte, so fand man die Anhaltspunkte für solche Hemmungsbildungen weit eher bei den niederen Wirbelthieren, und betrachtete deshalb die Hemmungsbildungen wesentlich als das Resultat einer Annäherung zu Thierähnlichkeiten, als Rückfall zu niederer Stufe der Organisation. Man sieht leicht ein, daß diese aus der vergleichenden Anatomie hervorgegangene Ansicht nur eine beschränkte sei, und eben darauf beruht, daß jedes Organ bei den höheren Wirbelthieren verschiedene typische Veränderungen durchläuft, von welchen ein Theil sich bleibend bei den niederen Thieren erhalten kann.

Daß diese Hemmungsbildungen außerordentlich viele Formen der Mißbildung erklären, unterliegt keinem Zweifel. Indeß muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß wir vielleicht keine einzige Hemmungsbildung kennen, welche ganz genau auf dem Punkte stehen bleibt, den sie im Anfange behauptete, sondern daß der in seiner Bildung gehemmte Theil dennoch fast immer

in gewisser Richtung sich fortbildet und so einen abnormen Zustand erreicht, der in etwas von der embryonalen Bildung abweicht. Diese eigenthümliche, gleichsam in schiefer Richtung abweichende Entwickelung der Hemmungsbildungen hat man dann als besondere Art derselben abtrennen wollen, wenn sie einen gewissen Grad erreichte, hat aber dabei übersehen, daß alle möglichen Uebergänge sich finden. So betrachtete man z. B. die oben angeführte Spaltung des Gaumens, den Wolfsrachen, als eine reine Hemmungsbildung, diejenige der Iris hingegen, das sogenannte Colobom nicht, weil die Iris ursprünglich als ein rundes Gebilde ohne Spalt angelegt werde. Aber die Iris bildet sich erst, nachdem der ursprüngliche Spalt des Auges sich geschlossen hat, und wenn dieser offen bleibt, so kann sie nicht anders, als in Form eines gespaltenen Ringes sich entwickeln. Indem man aber die Spaltung der Iris als etwas Besonderes, den Wolfsrachen aber als eine reine Hemmungsbildung ansah, vergaß man, daß der knöcherne Oberkiefer auch nie eine solche Spalte zeigt, wie sie bei dem Wolfsrachen vorkommt, sondern daß er eben erst verknöchert, wenn die Spalte schon durch die knorpeligen Anlagen der Knochen geschlossen ist.

Wenn wir die Existenz von Hemmungsbildungen darthun können, so ist es uns im Gegentheile nicht vergönnt, sagen zu können, auf welchen Ursachen spezieller Art die Entstehung derselben beruhte. Daß sowohl ursprüngliche abnorme Anlage der Keimstoffe, als auch später sich entwickelnde zufällige Einflüsse Hemmungsbildungen hervorrufen können, unterliegt wohl keinem Zweifel. Warum aber solche allgemeinere Ursachen dieses oder jenes spezielle Organ befallen und in seiner Entwickelung aufhalten, wissen wir nicht und wird auch vor der Hand nicht eher ergründet werden können, als bis man weiß, warum bei dem Erwachsenen eine allgemeine Schädlichkeit dieses oder jenes spezielle Organ befällt.

Wir haben in dem Vorhergehenden hauptsächlich nur von denjenigen Mißbildungen gesprochen, welche in einem einzigen Individuum, einem einzigen Embryonen vorkommen können und

sich dadurch charakterisiren, daß durch Hemmungsbildungen einzelne Theile derselben eine verkehrte Ausbildung genommen haben. Durch irgend einen Zufall oder durch eine ursprüngliche Anlage des Keimes ist demnach diese qualitative Abänderung der Entwickelung bedingt. Außer diesen Mißbildungen aber giebt es noch eine andere sehr merkwürdige Classe, welche sich hauptsächlich dadurch auszeichnet, daß eine quantitative Vermehrung in der embryonalen Anlage sich kund giebt, und zwar in der Weise, daß einzelne Theile in dem Keime sich verdoppeln. Diese Verdoppelung kann selbst so weit fortschreiten, daß zwei beinahe vollständige Individuen sich aus einem einzigen Keime entwickeln können. Man hat öfter behauptet, daß jede Doppelmißgeburt ein Resultat der Verschmelzung zweier Keime sei, welche durch irgend eine Ursache mehr oder minder vollständig in einander aufgingen. Auf den ersten Anblick scheint eine solche Ansicht über die Entstehung der Doppelmißgeburten allerdings die begründetste. Wie könnte eine andere Ansicht Raum finden, wenn man Doppelmißgeburten begegnet, welche nur an einem einzelnen Theile ihres Körpers mit einander verbunden sind und im Uebrigen zwei durchaus ausgebildete Körper zeigen? Bei dem Anblicke der siamesischen oder italienischen Zwillinge (Rita-Christina), welche nur durch ein schmales mittleres Band in der Brustgegend mit einander vereinigt waren, dessen Trennung man vielleicht hätte versuchen können, wird es einem Jeden wohl zuerst in den Sinn gekommen sein, an ein zufälliges Zusammenwachsen zweier Embryonen zu denken. Berücksichtigt man aber, daß von der geringsten Vermehrung eines unbedeutenden Organes bis zu der fast vollständigen Trennung der Doppelmißgeburten eine ununterbrochene Kette von Zwischenstufen sich hinzieht, und daß man nirgends in dieser Beziehung einen Haltpunkt finden kann, so gewinnt die Sache ein anderes Ansehen. Es wird wohl Niemand einfallen, in einem überzähligen Finger, welchen ein Kind mit auf die Welt bringt, den Beweis zu sehen, daß dieses Kind aus zwei verschmolzenen Keimen sich gebildet habe, von welchen der eine bis auf einen Finger verschwunden,

der andere aber vollständig ausgebildet sei. Von dieser einfachsten aller Verdoppelungen aber läßt sich, wie schon bemerkt, eine fortschreitende Reihe bis zu den siamesischen Zwillingen aufstellen.

Wenn man aus diesen Thatsachen schon vermuthen muß, daß die Doppelmißgeburten nicht durch Verschmelzung zweier Keime, sondern vielmehr durch Theilung und Vermehrung eines ursprünglich einzigen Keimes entstehen, so spricht hiefür außerdem noch ein äußerst wichtiges Gesetz, von welchem man bis jetzt noch keine Ausnahmen kennt. Die Doppelmißgeburten sind nämlich stets mittelst gleichnamiger Theile, Organe und Systeme zusammen verschmolzen. Man hat noch nie eine Doppelmißgeburt gefunden, in welcher z. B. der Kopf an den Bauch oder an den Rücken angewachsen wäre, wo die Bauchfläche des einen Kindes mit der Rückenfläche des andern, oder die Leber des einen mit dem Herzen des andern sich verbunden hätte, sondern stets fand man Kopf an Kopf, Bauch an Bauch, Glied an Glied. Diese Gesetzmäßigkeit der Verwachsung deutet offenbar darauf hin, daß man an kein zufälliges Verschmelzen zweier Keime denken könne, sondern daß vielmehr ein einziger Keim mehr oder minder vollständig sich spalte und verdoppele.

Die Doppelmißgeburten sind verhältnißmäßig so selten, daß man nur äußerst wenige Beobachtungen über unentwickelte Embryonen aus frühester Zeit besitzt, bei welchen Doppelbildungen sich einleiteten. Man kennt indessen doch eine genauer beschriebene Doppelbildung aus dem Anfange des dritten Tages der Bebrütung bei dem Hühnerembryo. Beide Embryonen lagen in einem kreuzförmigen Fruchthofe, waren mit dem Kopfe verwachsen, während sie nach hinten von einander abstanden und das Herz sogar in doppelter Anlage vorhanden war. Der Dotter war einfach und somit nicht daran zu denken, daß zwei Keime in demselben Ei vorhanden gewesen seien. Eben so hat man in neuester Zeit die Erfahrung gemacht, daß in befruchteten Hechteiern, welche eine Zeit lang zu Wagen transportirt und mehrere Stunden hindurch geschüttelt wurden, sich außerordentlich viele Doppelmißgeburten erzeugten.

Man hat bis jetzt mehrere unzweifelhafte Fälle beobachtet, wo in einem einzigen Graaf'schen Follikel zwei Eier vorhanden waren. Daß man solche Fälle nicht zur Bildung von Doppelmißgeburten anrufen dürfe, versteht sich aus dem Gesagten wohl von selbst. Denn damit, daß zwei Eier neben einander in demselben Follikel eingeschlossen liegen, ist noch nicht gesagt, daß sie nothwendig mit einander verschmelzen müssen. Es ist überhaupt kaum denkbar, wie eine solche Verschmelzung entstehen könne, da das Ei innerhalb des Follikels und während seines Durchganges durch den Eileiter von der verhältnißmäßig sehr dicken Zona umhüllt ist, und später, wenn die Zona sich verdünnt und in das Chorion umgewandelt hat, die Bildung des Embryo schon so weit vorangeschritten ist, daß an eine Verschmelzung auch nicht gedacht werden könnte. Es dürften vielmehr solche Fälle eher zur Erklärung von Zwillingsschwangerschaften benutzt werden, obgleich auch hier nicht abzusehen ist, warum eine Zwillingsschwangerschaft nicht eben so gut durch das Platzen zweier Graaf'schen Follikel hervorgebracht werden könne.

Man kennt einige wenige seltene Fälle, in welchen mehr oder minder entwickelte Embryonen innerhalb eines andern Fötus eingeschlossen waren. In dieser Beziehung herrscht kein Gesetz vor. Man fand eingeschlossene Theile oder ganze Embryonen in der Bauchhöhle, in dem Gesäße und an andern Orten, und gerade diese Gesetzlosigkeit hinsichtlich des einschließenden Ortes scheint darauf hinzuweisen, daß in solchen Fällen wirklich zwei Keime in dem Eie vorhanden waren, von welchen der eine den andern überwucherte und einschloß. Man hat Fälle gesehen, wo in einem Eie zwei Dotter vorhanden waren, von denen der eine meist kleiner und unentwickelter als der andere schien, so daß sich wohl hieraus diese seltenen Fälle von eingeschlossenen Embryonen und dadurch bedingter Doppelbildung erklären ließen.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf die verschiedenen Formen eingehen, welche die Mißbildungen überhaupt zeigen, und dieselben im Einzelnen zergliedern. Es genügt, auf die allgemeinen Typen derselben aufmerksam gemacht und gezeigt

zu haben, daß hauptsächlich die individuelle Anlage des Keimes es ist, welche auf die Hervorbringung von Mißbildungen einen bestimmten, wesentlichen Einfluß äußert. Der mütterliche Organismus zeigt seinen Einfluß hauptsächlich nur insofern, als er eben den Keim in sich erzeugt und ihm dadurch einen gewissen ursprünglichen Stempel aufdrückt, der in seiner ferneren Ausbildung sich erhält. Späterer Einfluß von Seiten der Mutter auf den Fötus ist nur insofern denkbar, als die Blutmischung des mütterlichen Organismus diejenige des Fötus wesentlich verändern und dadurch Krankheiten des Fötus erzeugen kann, die bleibende Mißbildungen verursachen. Allein diese Krankheiten sind anerkanntermaßen nur eine geringe Quelle, aus welcher höchst wenige Mißbildungen hervorgehen, und namentlich nicht diejenigen, welche man als Folgen des Versehens gewöhnlich betrachtet. Die Furcht vor dem Versehen ist deshalb eine total thörichte, und es würde weit besser für die Lehre von den Mißbildungen überhaupt stehen, wenn man die alte Theorie von dem Versehen gänzlich aus dem physiologischen Repertoir ausstreichen und anerkennen würde, daß man erst dann solche Theorieen annehmen darf, wenn kein anderer Weg der Erklärung möglich ist.

Es ist aus dem Vorhergehenden schon ersichtlich, daß wir selbst diejenigen Folgerungen verwerfen müssen, welche aus dem Begriffe hervorgehen, den man unter dem Namen der Idee der Gattung aufgestellt hat. Man hat sich genöthigt gesehen, diesem Prinzipe gemäß unter den Mißbildungen verschiedene Klassen aufzustellen, je nachdem dieselben die Idee der Gattung nicht erreichen, dieselbe überschreiten, oder aber von derselben abweichen. Analysirt man diesen Begriff näher, so kommt man eben darauf, in dieser Idee der Gattung den schöpfenden selbstbewußten Gedanken wieder zu finden, der von der Materie losgelöst, dieselbe nach seinen Capricen modelt. Es wurde schon oben des Weiteren auseinander gesetzt, daß wir einen solchen Begriff nicht anerkennen, sondern vielmehr in dem Keime eine bestimmte Materie erkennen, die sich eben ihrer Zusammensetzung

gemäß in besonderer Weise entwickeln muß. Weicht diese materielle Zusammensetzung primitiv in irgend einem Punkte ab, oder wird durch irgend einen Zufall dieselbe später gestört, so erhalten wir eben als Resultat dieser materiellen Störungen die Mißbildung im weitesten Sinne des Wortes. Auch hier bekennen wir offen, daß unserer Ansicht nach nur der reinste, unverfälschte Materialismus zu erklecklichen Resultaten in der Wissenschaft führen kann.

Dreißigster Brief.

Der Umlauf des Lebens.

Die Entwickelung des Menschen ist bei weitem noch nicht mit dem Augenblicke abgeschlossen, in welchem er durch die Trennung vom mütterlichen Organismus ein selbstständiges Leben beginnt. Dies Leben selbst hat einen bestimmten Cyclus von Erscheinungen, welche es durchläuft; seine Funktionen wechseln je nach dem Alter des Organismus. Wir haben bis jetzt, außer der embryonalen Entwickelung, die Funktionen des menschlichen Organismus hauptsächlich nur in Beziehung zu dem reifen Lebensalter kennen gelernt, und es liegt uns nun zum Schlusse dieser ganzen Abhandlung noch ob, zu zeigen, wie der Organismus allmählich sich zu der Höhe seiner Funktionen erhebt, auf derselben eine längere Zeit stehen bleibt, und dann wieder durch allmähliche Abnahme derselben der Vernichtung, dem Tode entgegeneilt.

Während des Säuglingsalters ist das Kind hauptsächlich auf Ernährung durch den mütterlichen Organismus angewiesen. Die Milch ist überhaupt ihrer Zusammensetzung nach das wahre Ideal eines Nahrungsmittels. So wie das Blut gleichsam den aufgelösten Organismus darstellt, so könnte man die Milch als eine Auflösung des typischen Nahrungsmittels betrachten. Die Milch einer jeden Thiergattung zeigt in ihrer Zusammensetzung eine eigenthümliche Proportion der einzelnen bildenden Bestandtheile; allein alle Milcharten ohne Ausnahme kommen darin überein, daß sie Fett, Zucker, eine Proteïnsubstanz, phosphorsaure und andere Salze enthalten, die **nur in**

ihren Verhältnissen wechseln. Wir sehen also, daß die Milch an und für sich allen Anforderungen genügt, welche wir an die in späterer Zeit zu genießenden zusammengesetzten Nahrungsmittel nur machen können. Die fettartigen Bestandtheile sind durch die Butter repräsentirt, welche in Form kleiner Kügelchen in der Milch aufgeschwemmt ist und durch ihre leichte Schmelzbarkeit äußerst leicht in den Organismus übergeführt werden kann. Der Käsestoff, die einzige Proteïnsubstanz, welche in der Milch sich befindet, ist zugleich die löslichste von allen Proteïnsubstanzen; der Milchzucker diejenige Zuckerart, welche am schwierigsten in Gährung und Zersetzung übergeht. So findet denn der Säugling in der ihm gebotenen Muttermilch allen nöthigen Stoff zur Ernährung seiner Organe, zum Aufbau seiner Muskeln und seines Fettes, und in den aufgelösten Salzen den phosphorsauren Kalk, den er zur Ausbildung seiner Knochensubstanz nöthig hat.

Unter dem Einflusse dieser Ernährung gewöhnt sich der Säugling allmählich an das selbstständige Leben, während zugleich die einzelnen Funktionen sich stärker heranbilden und festsetzen. Die Athmung, welche im Anfange nur noch sehr unvollständig Statt hatte, kräftigt sich allmählich, und mit dieser Kräftigung hält die Entwickelung der Eigenwärme gleichen Schritt. Anfangs, wo noch das eirunde Loch und der Botallische Gang offen sind, kann die Athmung längere Zeit ausgesetzt bleiben, während später, wenn diese Communikationsöffnungen sich geschlossen haben, das Athembedürfniß in höherem Grad sich zeigt. Deshalb können auch Kinder, welche scheintodt geboren werden, oft nach stundenlanger Aufhebung des Athemprocesses wieder in's Leben gerufen werden. Das Bedürfniß nach äußerer Erhaltung der Wärme ist bei dieser geringeren Ausbildung der Athmung weit größer, als in späteren Zeiten, weshalb denn auch wärmere Bedeckung ein nothwendiges Bedürfniß für den Säugling ist. Indessen bilden sich verhältnißmäßig die vegetativen Funktionen weit schneller und kräftiger hervor, als diejenigen, welche dem Centralnervensysteme untergeordnet sind.

Man findet die Erklärung dieses Verhältnisses leicht in der verhältnißmäßig geringeren Ausbildung der Gehirnsubstanz. Diese ist noch weit flüssiger und breiiger als in späteren Zeiten; die Unterschiede zwischen grauer und weißer Substanz, die Eigenthümlichkeiten der mikroskopischen Elementarbestandtheile bilden sich erst während des Säuglingsalters bestimmter hervor. Die Gewölbtheile namentlich sind bei der Geburt und bei dem Kinde verhältnißmäßig weit weniger entwickelt, als der Hirnstamm, und daraus erklärt sich auch, daß im Anfange die Seelenthätigkeiten weit hinter den spezielleren Funktionen des Hirnstammes zurückstehen. So bestehen die ersten Bewegungen des Säuglings hauptsächlich aus Reflexbewegungen, denen anfangs sogar die bestimmte Combination abgeht. Wir sehen auf bestimmte schmerzhafte Empfindungen auch bei dem Säuglinge Zusammenziehungen der Muskeln, dem Gesetze der Reflexion gemäß, erfolgen. Anfänglich sind diese Bewegungen aber nicht in der zweckmäßigen Weise combinirt, wie es nöthig ist, um die schmerzende Ursache entfernen zu können. Aus dieser mangelnden Combination, die, wie wir in den Briefen über das Nervensystem gesehen haben, hauptsächlich ein Resultat der öfteren Uebung ist, entspringt denn auch für den Säugling die Unmöglichkeit, sich auf seinen Gliedern aufrecht zu erhalten, und für das Kind der schwankende und unsichere Gang. Man hat diese Verhältnisse einzig aus der ursprünglichen Schwäche der Muskeln und aus der mangelnden Festigkeit des Knochengerüstes herleiten wollen, allein sicher mit Unrecht. Der Säugling umfaßt den Finger, den man ihm in die Hand steckt, mit ziemlicher Kraft, und übt einen Druck aus, der hinlänglich beweist, daß die Muskeln schon eine bedeutende Stärke besitzen und daß die Grundlagen des Skelettes eine gehörige Kraftentwickelung ertragen können. Nichts desto weniger kann der Säugling nicht mit Bestimmtheit nach einem dargebotenen Gegenstande greifen, indem die zu einer solchen Bewegung nöthige Combination der einzelnen Muskelzusammenziehungen ihm unmöglich ist. Der Säugling greift deshalb nach einem Gegenstande, er stellt sich zum Gehen oder Kriechen etwa

in der Art, wie ein mit Krämpfen behaftetes Individuum, bei welchem die Muskeln zwar dem Willen gehorchen, aber bald zu wenig, bald zu viel thun, und dadurch die Zweckmäßigkeit der Combination aufheben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit noch gar manchen combinirten Bewegungen, welche der Säugling erst nach und nach erlernt. So kann er z. B. die Augen nach allen Richtungen hin bewegen, während ihm die Fähigkeit fehlt, dieselben auf einen bestimmten Punkt zu richten, oder mit andern Worten, nach einer gewissen Richtung hin zu blicken.

Mit der noch sehr unentwickelten Seelenthätigkeit hängt die Stumpfheit der Sinneseindrücke namentlich zusammen. Der Säugling verhält sich hier etwa wie ein Thier, dem man durch theilweise Wegnahme der großen Hemisphären die Summe der höheren Gehirnfunktionen verringert oder gänzlich gestrichen hat. Daß die peripherischen Sinnesnerven wirklich die Eindrücke der Außenwelt aufnehmen, das beweisen die Reflexionsbewegungen, welche diesen Eindrücken auch bei dem Säuglinge folgen, wie namentlich das Schließen der Augenlieder bei grellem Lichte, die Empfindlichkeit der Iris u. s. w. Dagegen gelangen diese Eindrücke nicht zur bewußten Auffassung, weil eben das Organ dieser Auffassung, die Hemisphären des großen Gehirnes, noch nicht vollständig entwickelt sind. Mit der allmählichen Entwickelung der Hemisphären bilden sich denn auch aus der ursprünglichen Stumpfheit allmählich die verschiedenen Seelenthätigkeiten hervor. Die Sinneseindrücke werden nun bewußt empfunden, zu einem Ganzen combinirt und dem Gedächtnisse eingeprägt, die Bewegungen werden ebenfalls bewußt combinirt, und nicht nur ihr Eintritt, sondern auch ihr Maß dem Willen untergeordnet, woraus denn ihre Zweckmäßigkeit sich hervorbildet. Alle diese allmählichen Veränderungen stehen in dem genauesten Wechselverhältnisse mit der fortschreitenden inneren Entwickelung des Gehirnes.

In dem Säuglinge schon zeigen sich die Spuren mancher, sowohl körperlicher als geistiger Anlagen (wie denn diese beiden

stets Hand in Hand gehen), die sich erst in späterer Zeit vollständiger und kenntlicher entwickeln. Dieselbe Erscheinung tritt uns hier vor die Augen, welche wir schon in dem Keime verfolgten; wir sehen von Anfang an individuelle Eigenthümlichkeiten durchleuchten, welche durch die Zeugung und Entstehung in den Keim gelegt und von diesem ausgebildet wurden, bis sie im Säuglings- oder Kindesalter hervortreten. So wie die Familienähnlichkeit in dem runden Kindergesichte, an welchem alle vorspringenden Ecken und Leisten weggewischt, alle Züge unter einer schwellenden Fettlage verdeckt sind, erst nach und nach sich ausbildet und materiell kund giebt, so sehen wir auch in den geistigen Fähigkeiten gewisse Familienähnlichkeiten nach und nach auftauchen, die einen wesentlichen Theil der individuellen Eigenthümlichkeiten ausmachen. Der aufmerksame Beobachter findet schon die Keime dieser Eigenthümlichkeiten bei dem Säuglinge; Mütter von mehreren Kindern wissen sehr wohl, wie das eine von Anfang an leicht reizbar sich zeigte, beständig schrie und weinte, unruhig schlief, ohne krank zu sein, ungemessene Zuneigung zu diesen, unbesiegbare Antipathie gegen jene Personen zeigte, wie derselbe Säugling im Kindesalter wechselnder in seinen Launen war, als die Wetterfahne auf dem Dache, in derselben Minute zehnerlei Anderes wollte, schnell auffaßte und eben so schnell vergaß, in der Schule hundert Allotria trieb und das Kreuz seiner Lehrer wurde, die ihn langweilten; während der Bruder als Säugling schon den ganzen Tag schlief oder nur aus Hunger plärrte, sich gleich wohl in den Armen eines jeden Freundes befand, als Kind langsam auffaßte und schwer begriff, aber auch das gehörige Sitzfleisch von der Natur mitbekommen hatte, um dieser langsamen Auffassungsgabe ein Gegengewicht zu geben.

Man wird vielleicht fragen, wie bei diesen ursprünglichen Anlagen und der selbstständigen Ausbildung der materiellen Substrate der Geistesfunktionen sich ein Einfluß der Erziehung denken lassen könne, während doch die Erfahrung einen solchen unwiderleglich nachweise. Wir läugnen denselben auch nicht, ob wir

gleich der Ansicht sind, daß er weit beschränkter sei, als man sich gewöhnlich einbildet, und daß namentlich die sogenannte Pädagogik oder Erziehungskunst der Schulmeister und Lehrer nur höchst geringen Einfluß auf die körperliche wie geistige Entwickelung des Menschen von jeher geübt hat. Der Mensch ist vor allen anderen ein geselliges Thier, darauf angewiesen, in größeren Gemeinschaften zu leben und in dem Kindesalter durch den Trieb der Nachahmung sich zu dieser Geselligkeit heranzubilden. Deshalb sehen wir das Kind allmählich nicht nur die äußeren Gewohnheiten, sondern auch die geistigen Gewohnheiten des Kreises annehmen, in welchem es sich befindet; — es gewöhnt sich an denselben Ideengang, dieselbe Art von Schlußfolgen, dieselbe Anschauungsweise sämmtlicher Dinge, wie diejenigen sie besitzen, nach welchen es sich modelt. Diese Annahme von Andern wird freilich sehr modificirt durch die ursprünglichen Anlagen des Kindes. Je mehr diese den Gewohnheiten des Kreises, in welchen das Kind lebt, entsprechen, desto leichter wird es sich dieselben aneignen, indem schon die natürliche Entwickelung der Anlagen zu dieser Annahme hinleitet; im entgegengesetzten Falle wird es in seiner Entwickelung gehemmt werden, sobald die Gewohnheiten und Ansichten der Umgebung seinen Anlagen zu schroff entgegen stehen. Deshalb ist das Aufwachsen in der Familie selbst, in der Gesellschaft der Erzeuger, ein so wesentliches Erforderniß zur normalen Entwickelung des Kindes, zur gehörigen Ausbildung derjenigen Anlagen, welche ihm durch die Zeugung von Vater und Mutter eingepflanzt wurden. Aus demselben Grunde aber ist auch die Abschließung in der Familie das vortrefflichste Mittel, um die einseitige Entwickelung der geistigen und körperlichen Eigenthümlichkeiten auf die Spitze zu treiben und dadurch die Rasse zu verderben. Das Leben in der engeren Familie soll die Anlagen zur Reife bringen, welche die Zeugung in das Kind legte; der Umgang mit Andern, mit Andersgesinnten soll die einseitige Entwickelung dieser Anlagen verhindern. Die Isolirung hat sich von jeher gerächt an denjenigen, welche sich dieselbe aufbürdeten, und wenn das unbestreitbare geistige Verkommen des

Adels und derjenigen Familien, welche in der Gesellschaft noch höheren Rang einnehmen, einen Grund hat, so ist es sicher dies Verbrechen an der geselligen Natur des Menschen, welches diese bevorzugten Familien durch Isolirung ihrer Kinder im jüngeren Alter begehen.

Es ist leicht einzusehen, warum gerade der Umgang, die gewöhnliche Beschäftigung mit diesen oder jenen geistigen Thätigkeiten auch auf dieselben bildend zurückwirkt. Jedes Organ im Körper, sei es welches es wolle, kann durch Uebung gestärkt, vervollkommnet und selbst einseitig ausgebildet werden. Es steht vollkommen in unserer Gewalt, einem sonst gesunden Kinde starke Beine oder starke Arme zu geben, je nachdem wir durch Uebung der Muskeln dieselben stählen. Nicht nur allseitige Ausübung der Muskelkraft, sondern auch jede einseitige Ausbildung dieses oder jenes Muskels, oder einer ganzen Reihe von Muskeln, ist möglich. Dasselbe aber können wir für die inneren Organe erreichen. Wir sind im Stande, durch besondere Nahrung nicht nur Fettablagerung oder Magerkeit zu bewirken, sondern auch einseitige Ausbildung einzelner Organe. Wenn auch diese Versuche nicht bei Menschen gemacht werden, so sind sie doch bei Thieren nicht ungewöhnlich, und wir wissen z. B. recht gut, wie wir eine Gans nähren müssen, um ihre Leber abnorm zu vergrößern. Das Gehirn ist von diesem Gesetze nicht ausgeschlossen; die Uebung einzelner Funktionen desselben trägt auch zur Ausbildung des materiellen Substrates bei, und so kann auch die einseitige Ausbildung bestimmter Geistesthätigkeiten sehr wohl von außen her angeregt werden. Es liegt vollkommen in unserer Macht, ein weiches Gemüth zur Schwärmerei oder zur Melancholie, einen selbstständigen Geist zum Hochmuth und zum Stolze zu leiten. Darin liegt denn auch die Macht, welche die Erziehung über die geistige Bildung ausüben kann. Ich glaube, daß man aus physiologischen Prinzipien die Möglichkeit läugnen muß, diese oder jene geistige Anlage auszurotten, da ihr materielles Substrat einmal vorhanden ist, das sich nicht wegschaffen läßt. Eben so wenig läßt sich einem Kinde, das eine platte

oder aufgestülpte Nase erhalten soll, eine Adlernase anerziehen. Wenn daher Erzieher und Schulmeister sich brüsten, daß sie den Kindern edle Gefühle einflößen könnten, so kann man solche Selbstüberschätzung nur mit einem mitleidigen Lächeln abfertigen, und wenn dies gar während einiger Tagesstunden in der Schule, gelegentlich beim Lesen- und Schreibenlernen geschehen soll, so ist die Behauptung vollends kindisch zu nennen.

Eine wesentliche Epoche in dem kindlichen Leben ist diejenige, in welcher durch das Hervorbrechen der Zähne der werdende Mensch zu festerer Nahrung angewiesen wird, wo die Natur selbst nachweist, daß die Muttermilch nicht mehr zu dem raschen Wachsthume der Organe hinreicht. Die Gestalt der Milchzähne weist sicher darauf hin, daß das Kind wesentlich Fleischnahrung bedarf, das heißt mit anderen Worten, Proteïnsubstanzen, welche zum Aufbau besonders des Muskelfleisches verwendet werden. Die Glieder des Säuglings sind verhältnißmäßig noch sehr klein und unentwickelt, besonders dem ungestalten Kopfe gegenüber, in welchem wieder der blasenförmige runde Schädel ein bedeutendes Uebergewicht zeigt. Die Tendenz der bildenden Thätigkeit im Kindesalter geht deshalb wesentlich auf die Entwickelung der Extremitäten, die verhältnißmäßig weit mehr wachsen, als der Kopf, dessen äußerer Umfang weniger zunimmt, als sich seine inneren Theile ausbilden. Die Energie der Athemfunktion, sowie der verschiedenen Sekretionen, steht noch nicht in dem Verhältniß wie später; es werden, auch in Beziehung zu dem Körpergewichte, weniger Kohlensäure, weniger feste Stoffe in dem Urine entleert, als in dem Mannesalter, aus dem einfachen Grunde, weil Einnahme und Ausgabe nicht mit einander im Gleichgewicht stehen, sondern erstere bedeutend überwiegt und der Körper schnell an Masse und Gewicht zunimmt. Es ist deshalb ein großer Fehler, wenn die Nahrung des Kindes und des wachsenden Jünglings so eingerichtet wird, daß mehr die Athemfunktion und die Fettproduktion begünstigt wird, als die Assimilirung von Proteïnsubstanzen. Die mehligen Nahrungsmittel, welche hauptsächlich nur Stärke und Zucker

dem Organismus zuführen, sind deshalb als Basis der Nahrung für das Kindesalter durchaus zu verwerfen und nur in solcher Menge zu geben, als dies für die Erhaltung der Athemfunktion nöthig ist. Dagegen ist ein wesentliches Bedürfniß Zuführung von Kalk und Phosphorsäure in der Nahrung, um das Skelett gehörig ausbilden zu können, das rasch wächst und ohne diese Zufuhr seine Knochensubstanz nicht gehörig ausbilden kann. Die Sekretionen des Säuglings und Kindes, besonders der Urin, enthalten keinen phosphorsauren Kalk, wie bei dem Erwachsenen, und die unglücklichen Kinder, welche an der englischen Krankheit, der Rhachitis, leiden und den zur Knochenbildung bestimmten Kalk durch den Harn verlieren, ersetzen diesen Verlust durch Picken und Bohren an Kalkmauern, durch Verschlucken von Mörtel, wozu ein unwiderstehlicher Trieb sie verleitet.

Wenn es Aufgabe der Physiologie ist, zu erforschen, welches die Funktionen des Körpers seien, so gehört sicher auch in den Kreis ihrer Beschäftigungen die Untersuchung der Art und Weise, wie diese Funktionen gekräftigt und namentlich im unselbstständigen Lebensalter normal eingerichtet werden können. Es erweist sich nun hier als wesentliches Bedürfniß des Kindesalters : thätige Uebung der Muskelkraft in jeder Art und Beförderung der normalen Blutcirculation, welche leicht durch den Bildungsproceß des Gehirnes, durch Vermehrung des Athembedürfnisses, eine abnorme Richtung nach Kopf und Brust nimmt. Die häufigen Hirnwassersuchten, Luftröhren- und Lungenentzündungen, sind wesentlich in dieser abnormen Zuleitung des Blutes nach dem oberen Theile des Körpers zu suchen. Diese abnorme Zuleitung begünstigt man aber durch möglichst warme Bedeckung des Kopfes, Einwickeln und Einschnüren des Oberkörpers und, diesem entgegengesetzt, durch Entblößung der Beine. Man beruft sich auf die Bauernkinder, die selbst im Winter in bloßen Beinen herumlaufen und doch gesund sind. Vollkommen wahr! Allein sie laufen auch herum, und zwar im bloßen Kopfe und oft nur sehr nothdürftig am Körper bedeckt. Das

stubenhockende Kindergeschlecht aber, das man englischer Mode zu Liebe einmal des Tages mit bloßen Beinen spazieren führt, das sonst sitzen und wohlerzogen sein muß, dem man Kopf, Brust und Hals über und über einhüllt, wie soll das sich normal entwickeln?

In geistiger Beziehung herrscht dieselbe Unvernunft, dasselbe System, das hier einschnürt und dort unbedeckt läßt. Das Kind will unterhalten, es will belehrt sein. Aber es sind nicht Sprachformen und grammatikalische Schwierigkeiten, die seine Neugierde reizen, sondern die Gegenstände der Außenwelt, die Handlungen der Umgebungen; alle Eindrücke, welche seine Sinne treffen, möchte es sich klar machen, ihr Warum? erforschen, von Aelteren darüber Auskunft haben. An diese unmittelbaren Eindrücke seiner Sinne knüpft das Kind seine selbstständigen Produktionen, die wir Spiele der Phantasie zu nennen belieben, und worin es, seiner unzusammenhängenden Denkweise gemäß, das Erlebte, Empfundene zu nur ihm verständlichen Bildern zusammenfaßt, die uns älteren Lauschern etwa wie Träume unseres eigenen Gehirnes entgegen treten. Statt diese ursprüngliche Neugierde über natürliche Dinge zu befriedigen, Statt ihr Nahrung zu geben durch vernünftige Erklärung der Gründe, welche das Kind wissen will, schlägt man diesen ursprünglichen Trieb entweder mit Sprachkeulen nieder, oder man lenkt ihn auf jämmerliche Nebenwege, die meist nur da sind, um die eigene Unwissenheit zu beschönigen. Daher denn dieser Wahnwitz, die Kinder im sechsten Jahre, im fünften schon Latein anfangen zu lassen; daher dieser Unverstand, der die Naturwissenschaften nicht für bildend hält, sondern ihnen nur den Werth eines Gedächtnißkrames einräumt, den man erst so spät als möglich einpfropfen müsse. Das Kind will wissen, warum es donnert und blitzt, weshalb das Wasser den Berg nicht hinauf fließt, und aus welchem Grunde es heute regnet und morgen die Sonne scheint; Statt ihm hierfür Erklärungen zu geben, sagt man: »der liebe Gott hat's gemacht«, oder man weist es an seine lateinische Declination.

Der Eintritt der Mannbarkeit bezeichnet den Beginn derjenigen Periode des Lebens, in welcher das Wachsthum des Körpers aufhört, die einzelnen Funktionen sich ins Gleichgewicht setzen und, als höchste Blüthe derselben, die Zeugungsfunktion ausgeübt werden kann. Jedermann weiß, daß äußere Zeichen diesen Eintritt der Mannbarkeit angeben; bei dem männlichen Geschlechte das Hervorsprossen der Barthaare, die Erweiterung des Kehlkopfes und die daraus bewirkte Aenderung der Stimme. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese mit dem Eintritt der Geschlechtsfunktion in dem engsten Zusammenhange steht, weshalb sie bei Castraten nicht erfolgt. Bei dem weiblichen Geschlechte ist es namentlich die Rundung des Busens, welche den Eintritt der Regeln und somit die geschlechtliche Reife ankündigt. Auffallendere äußere Zeichen dieser ersten Ausstoßung von befruchtungsfähigen Eiern fehlen bei dem weiblichen Geschlechte mehr, als bei dem männlichen, da die Stimme, wenn sie auch voller und klangreicher wird, doch nicht jene krähende Uebergangsperiode besteht, wie bei dem Manne.

Es liegt nicht in unserer Absicht, hier längere Schilderungen zu geben von der Veredelung des Geschlechtstriebes durch die Liebe, von dem Einflusse, den die Geschlechtlichkeit überhaupt auf das ganze Leben ausübt. Nicht als ob wir diese Schilderungen der Physiologie entrückt glaubten; — allein der Umfang dieser Briefe ist schon zu groß geworden, um Dinge, die einem Jeden bekannt sind, hier zu wiederholen. Wohl aber sei es uns gestattet, noch einiges über das Greisenalter und über den Tod hier anzufügen, da man über diese Dinge weniger übereinstimmend denkt.

Jeder Organismus beschreibt einen gewissen Kreislauf von seiner ersten Entstehung bis zu seiner endlichen Vernichtung; er erreicht eine Lebenshöhe, auf welcher seine Funktionen in allgemeinem Einklange stehen, von welcher er dann wieder abwärts geht. Diese Lebenshöhe findet sich in sehr ungleichen Abschnitten der zeitlichen Dauer des Organismus überhaupt; sie hat selbst nur sehr abwechselnde Länge des Bestandes. Schmetterlinge

können Jahrelang als Raupe und Puppe zubringen, um nur wenige Tage in vollkommenem Zustande zu sein und unmittelbar nachher dem Tode zu verfallen. Hier ist also die Höhe des Lebens ganz an das Ende desselben gerückt. Bei andern Thieren liegt sie mehr am Anfange. Wer wollte es läugnen, daß sie bei den Rankenfüßern z. B. in der Jugend liegt, wo das Thier frei umherschwimmt, mit Augen versehen ist, einen wohlgesonderten Kopf und gegliederte Bewegungsorgane hat, während das alte Thier festsitzt, keinen Kopf, keine Augen und verschrumpfte Füße besitzt? Man hat in diesem Falle, wo das Leben schnell zurücksinkt von seiner Höhe, dann aber sich in niederem Stande lange fortspinnt, von rückschreitender Metamorphose gesprochen. Jedes Thier, jeder Organismus aber hat seine rückschreitende Metamorphose, die ihn dem Tode entgegenführt, und in denjenigen Thieren, welche dem Menschen am nächsten stehen, den Affen, hat man sie auf das Ueberzeugendste nachgewiesen. Bei diesen beginnt sie schon mit dem Mannesalter: — in gleichem Maße als der Kiefer länger wird, der Schädel seine runde Gestalt verliert und der ganze Kopf von der Menschenähnlichkeit, die der junge Affe besaß, herabsinkt, wird auch das Thier selbst dummer, wilder, in allen seinen geistigen Eigenschaften bornirter und unverträglicher.

Wenn hier die Höhe des Lebens schon während der Mannbarkeit vorübergeht, so ist sie dagegen bei dem Menschen mit dieser selbst verknüpft, und beginnt zu sinken, sobald die geschlechtliche Funktion aufhört. Ob dies früher oder später eintrete, ist vollkommen gleichgültig: die Zahl der Jahre macht hier Nichts zur Sache; wenn man von Thomas Parre erzählt, er habe bis in das 140ste Altersjahr seinen ehelichen Pflichten getreulich nachkommen können, so fing für diesen ganz besonders beglückten Sterblichen das Greisenalter erst nach dieser späten Zeit an. Die Ernährung sinkt während des Greisenalters allmählich; so wie sämmtliche Funktionen des Körpers nach und nach in ihrer Energie nachlassen und einer allmählichen Vernichtung entgegen gehen, so sinken auch die Geistesthätigkeiten allmählich von der

Höhe der Intelligenz herab. Wenn Lichtenberg von seinem eigenen Greisenalter sagt: „Ich stecke jetzt meine ganze Thätigkeit auf's Profitchen, Kohlen sind noch da, aber keine Flamme. Wenn ich ehedem in meinem Kopfe nach Gedanken und Einfällen fischte, so fing ich immer etwas; — jetzt kommen die Fische nicht mehr so; — sie fangen an, sich auf dem Grunde zu versteinern und ich muß sie heraushauen; zuweilen bekomme ich sie nur stückweise heraus, wie die Versteinerungen von Monte Bolca, und flicke dann aus den Stücken etwas zusammen." — Wenn Lichtenberg das von sich selbst sagt, so malt er damit in wenigen treffenden Zügen die Eigenthümlichkeiten des geistigen Lebens im Greisenalter. Die Zugänglichkeit von Außen, wie die Produktivität von Innen gehen bei dem Greise zu Grunde, und nach und nach erlischt eine Fähigkeit des Geistes nach der anderen, bis dem völligen Stumpfsinne der Tod ein Ende macht.

Die Ehrfurcht, welche das Alter jedem sittlich gebildeten Menschen einflößt, hat von jeher verleitet, dasselbe als die höchste Blüthezeit der Intelligenz anzusehen. Wenn man diese Blüthe im Zurücktreten der Leidenschaften, in der Unempfindlichkeit gegen äußere Eindrücke, in dem Mangel höheren Schwunges, in der Flachheit der geistigen Produktionen, in dem Widerstande gegen jeden Fortschritt sieht; so mag dem Alter wohl die Weisheit gegönnt werden, die man ihm damit zuschreibt. Der Greis schließt sich starr in seine Ansichten und Meinungen ab; hat er in der Wissenschaft, in höheren geistigen Regionen sich beschäftigt, so ist er nicht nur nicht mehr fähig, deren Fortschritt zu fördern, sondern er faßt diesen Fortschritt auch nicht und beklagt sich, daß man zurückgehe. In der Regel versagt er mißtrauisch allem Neuen die Anerkennung; wo er aber dasselbe noch aufnimmt, da fühlt er nicht die neuen Richtungen, die sich anbahnen, da erfaßt er nicht die Veränderungen, welche in der Wissenschaft sich verbreiten und dieselbe umschaffen; — er findet im Gegentheile, daß er Alles schon seit langer Zeit wußte, oder daß mit allen neuen Thatsachen keine neue Richtung angebahnt werde, sondern das Ganze im alten Geleise bleiben müsse. Was die

geistige Produktionskraft betrifft, so kann man ohne Unrecht behaupten, daß die sämmtlichen Produktionen von Greisen vernichtet werden könnten, ohne den mindesten Schaden für Wissenschaften und Künste im weitesten Sinne des Wortes.

Der nothwendige Tod macht dieser rückschreitenden Metamorphose des Körpers und seiner geistigen Funktionen ein Ende. Nicht ein besonderer krankhafter Zustand bedingt ihn, sondern eine gleichmäßige Abnahme der Lebensenergie aller Organe, die freilich meist in diesem oder jenem speciellen Organe eine tödtende Krankheit hervorruft.

Bis dahin begleitet die Physiologie den Organismus, mit der Vernichtung desselben hört auch sie auf.

Einunddreißigster Brief.

Statistische Physiologie.

Dem Geometer, der die Oberfläche der Erde von der Höhe seines absoluten Standpunktes als ein Ganzes betrachtet, verschwinden die Berge und Thäler, die Erhöhungen und Vertiefungen. Eine einzige gleichmäßig gekrümmte Fläche schlingt sich für ihn um den Erdball herum, an dem riesige Gebirge nur wie winzige Sandkörner erscheinen. Erst als man den Höhenpunkt der mathematischen Spekulation erklommen hatte, von dem aus die Unebenheiten des Reliefs verschwinden und ein allgemeines Niveau hergestellt wird; erst dann konnte man zu der Abstraktion der mittleren Erdgestalt, zu der Berechnung ihrer Durchmesser, ihrer Größe, ihres Volums, zur Bestimmung ihrer astronomischen Verhältnisse zu den übrigen Sternen fortschreiten.

Die Gesellschaft verlangt eine ähnliche Betrachtungsweise. Der Blick des einzelnen Beobachters wird durch die einzelne Thatsache, durch die hervorstechende Persönlichkeit gefesselt; was die Meisten Erfahrung nennen, ist gewöhnlich die Uebertragung solcher einzelner, besonders vorragender und darum auch abnormer und außergewöhnlicher Thatsachen und Individualitäten auf das Ganze der Gesellschaft, die dadurch mit eingebildeten Eigenschaften ausgestattet wird, die ihr in keiner Weise angehören. Wenn es sich aber darum handelt, allgemeine Normen aufzufinden, welche für die Gesellschaft im Ganzen passen, so muß man verfahren wie die Geometer und auf die Massen das Augenmerk richten. Je größer die Massen, je zahlreicher die Thatsachen, die man vergleicht und aus denen man die Resultate

zieht, desto mehr verschwinden die Einzelheiten, die Individuen, die besonderen Eigenthümlichkeiten, und desto mehr tritt ein Mittelwerth hervor, der als allgemeines Gesetz sich geltend macht. Dieser Mittelwerth ist freilich eine reine Abstraktion — es ist möglich, daß von tausend und aber tausend Faktoren, die ihn zusammensetzen, auch nicht ein einziger wirklich genau mit ihm übereinstimmt; — aber nichts desto weniger zeigt dieser Mittelwerth die Linie, um welche herum die sämmtlichen Faktoren in nächster Nähe sich gruppiren. So kann man denn auch aus der Betrachtung vieler Individuen, die unter sich wieder ähnlich sind in Beziehung auf den Punkt, den man untersuchen will, eine Mittelzahl für gewisse Werthe erhalten, welche die Norm für diesen Werth angiebt. Je mehr Individuen zu einer solchen Untersuchung dienen, je weiter der Raum ausgedehnt ist, auf den sich die Beobachtungen beziehen; desto genauer wird die erhaltene Mittelzahl sein, desto mehr wird sie dem wirklichen Gesetze sich annähern, desto mehr auch für neu hinzukommende Fälle die Normalzahl darstellen. Der Beobachter z. B., welcher nur den Kreis seiner Bekannten benutzen kann, um durch Messung der Körperlänge im Alter von zwanzig Jahren die mittlere Körpergröße festzustellen, wird weit größeren Irrthümern ausgesetzt sein, als Derjenige, welcher die Rekrutenlisten eines Landes vergleicht. Der eine hat vielleicht nur Städtebewohner, vielleicht nur Individuen eines besonderen Standes untersuchen können, die in besonderen Eigenthümlichkeiten übereinkommen, so daß seine Mittelzahl zu groß oder zu klein ausfällt. Bei dem Anderen fallen diese Fehler weg, denn seine Beobachtungen umfassen alle Bewohner eines großen Landes im Alter von zwanzig Jahren. Seine Mittelzahl wird sich mehr der Wahrheit nähern, ohne sie indeß vollständig darzustellen. Denn der Engländer ist im Durchschnitte etwas größer, als der Franzose; der Nordländer meist höher gewachsen, als der Südländer; die germanische Rasse größer, als die keltische oder die romanische. Erst Derjenige, welcher die Rekrutenlisten sämmtlicher Bewohner der Erde (wenn solche unglücklicher Weise existirten) berechnen könnte,

würde die wahre Mittelzahl erhalten : alle übrigen aber nähern sich um so mehr dieser Wahrheit, je größere Mengen sie umfassen.

So geht denn aus solchen Untersuchungen, welche auf die verschiedensten Verhältnisse ausgedehnt werden können, ein idealer Mittelwerth hervor, welchen man den mittleren Menschen genannt hat. Dieser mittlere Mensch hat niemals existirt und wird niemals existiren : er ist eine ideelle Größe, ein Mittelwerth, abstrahirt aus dem Einzelnen; aber er ist zugleich die Norm des Menschen in seiner zeitlichen Entwickelung auf der Erde. Wir können bestimmen, wie groß dieser mittlere Mensch in einem gewissen Alter ist, wie oft sein Herz schlägt und seine Lunge athmet, welche Kraft er entwickeln kann, welches Volum, welche Größe seine einzelnen Organe und Theile haben. Dieser mittlere Mensch, so wie er die Norm ist, stellt auch zugleich das ästhetische Ideal dar, in welchem alle Organe gleichmäßig entwickelt sind und in harmonischer Uebereinstimmung sich befinden. Unbewußt meistens wendet man diese Norm auf die Beurtheilung der Darstellungen der menschlichen Gestalt an. Der Maler oder Bildhauer, welcher sich eine Abweichung von der normalen Länge des Armes zu Schulden kommen ließe, die nur ein Zwanzigstel dieser Länge betrüge, würde sicher der Kritik verfallen, und eine bedeutendere Abweichung würde unzweifelhaft einem Jeden als grober Fehler erscheinen.

Der mittlere Mensch geht somit aus der Betrachtung der Gesellschaft in Masse hervor. Seine Beziehungen zu der Gesellschaft, seine Veränderung durch die Gesellschaft, durch die übrigen äußeren Einflüsse, sind Gegenstand derselben Betrachtungsweise. Die Zahl der Geburten und Sterbfälle, der Heirathen und Verbrechen unterliegen ebenfalls einer sicheren, fast unveränderlichen Norm, die von dem jedesmaligen Stande der Gesellschaft, so wie von äußeren, vom Menschen unabhängigen Einflüssen abhängt. Die Bedingungen des geselligen mittleren Menschen ändern sich vielfach im Laufe der Zeit und mit ihnen das aus ihnen gezogene Resultat. Die mittlere Lebensdauer, die

Verhältnißzahl der Todesfälle und der Geburten, werden verändert durch Anhäufung der Bevölkerung an größeren Centralpunkten, durch veränderte Lebensweise, veränderte Nahrung, veränderte Beschäftigung. Mißerndten, kalte Winter, heiße Sommer, Sümpfe, Ausdünstungen und eine Menge anderer, vom Willen der Menschen unabhängige Agentien können eingreifende Wirkungen äußern. Je weiter umfassend in Bezug auf Zeit und Raum die Faktoren sind, die man in Berechnung zieht, desto mehr verschwinden diese Wirkungen, während sie im umgekehrten Falle um so sichtbarer hervortreten.

Nicht nur die rein materielle, auch die geistige Sphäre des Menschen läßt sich in gleicher Weise betrachten und liefert ähnliche Ergebnisse. Freilich sind hier die Schwierigkeiten der Untersuchung größer, da man nur solche Handlungen ihr unterwerfen kann, die zu der Gesellschaft selbst in einer gewissen Beziehung stehen und deshalb von dieser auch überwacht und einregistrirt werden, wie Verbrechen, Heirathen, oder Produktionen solcher Art, die eine bleibende Spur hinterlassen. Das Resultat aber ist um so glänzender und liefert einen schönen Beweis für die Wahrheit der Sätze, die wir oben aus der Physiologie der Seelenthätigkeiten ableiteten. Je mehr scheinbar diese Handlungen von dem freien Willen des Einzelnen abhängen, desto mehr sind sie unter ein in engen Gränzen sich haltendes Gesetz gebeugt, das dem sogenannten freien Willen seinen kategorischen Imperativ zuherrscht. Der gesellige mittlere Mensch, wie ihn seine geistigen Produktionen, seine Handlungen hinstellen, hat keinen freien Willen mehr, sondern gehorcht dem unabänderlichen Gesetze, das aus seiner Organisation hervorgeht. Das ist eine Seite der Forschung, die noch bei Weitem zu wenig erfaßt und bearbeitet worden ist. Man fühlt ihr Resultat mehr, als man sich desselben klar bewußt ist. Die ältere Geschichtschreibung hielt sich an die vorragenden Persönlichkeiten und Thatsachen; die Erforschung der inneren Zustände, der langsamen Entwickelung der Massen ist eine Aufgabe der neueren Zeit geworden. Diese Seite der Geschichtsforschung sucht

zu ergründen, wie sich der mittlere geistige Mensch, der keinen freien Willen besitzt, im Laufe der Zeit entwickelt hat und welchen in der Organisation begründeten Gesetzen diese Entwickelung gefolgt ist. Eine solche Forschung konnte erst dann angebahnt werden, als man die Wichtigkeit der Massenresultate einsehen gelernt hatte.

Verfolgen wir zuerst den mittleren Menschen in seiner individuellen Entwickelung durch das Leben hindurch. Schon bei der Geburt zeigt sich ein Unterschied zwischen beiden Geschlechtern in der Entwickelung des Körpers. Der neugeborene Knabe ist im Allgemeinen um $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ schwerer und um $\frac{1}{67}$ bis $\frac{1}{50}$ länger, als das neugeborene Mädchen. Die neugeborenen Knaben wiegen nämlich im Durchschnitte 3,20 Kilogramm; die neugeborenen Mädchen 2,91 Kilogramm, und die neugeborenen Knaben messen 0,496 Meter, während die neugeborenen Mädchen 0,483 Meter messen. Unmittelbar nach der Geburt nimmt das Kind nur äußerst wenige Nahrung zu sich, und da in den ersten Tagen Ausleerungen bedeutender Mengen von Kindspech erfolgen, so nimmt es an Gewicht in den ersten drei Tagen ab. Dann aber steigt sein Gewicht mit rasender Schnelligkeit, während zugleich die Körperlänge ganz bedeutend zunimmt, so daß am Ende des ersten Jahres das Kind um zwei Fünftel länger geworden ist, als es bei der Geburt war. Das Wachsthum in die Länge erreicht schneller sein Ende, als die Zunahme des Gewichtes, indem ersteres schon zwischen 20 bis 30 Jahren gänzlich vollendet wird, während der Mann das Maximum seines Körpergewichtes um das vierzigste, die Frau dagegen um das fünfzigste Lebensjahr erreicht. Der Mann ist dann 3,37 mal länger und wiegt 20 mal schwerer als der neugeborene Knabe; die Frau dagegen ist nur 19 mal schwerer als das neugeborene Mädchen und nur 3,22 mal so lang. Setzt man das Körpergewicht des Neugeborenen gleich 1, so erhält man folgende Zahlen für die Massenentwickelung des Menschen während seiner Lebensdauer.

Jahr	Mann	Weib	[illegible]	Mann	Weib
0	1,000	1,000	14	12,113	12,612
1	2,953	3,021	[illegible]	13,631	13,872
2	3,544	3,667	16	15,522	14,973
3	3,897	4,052	17	16,516	16,258
4	4,447	4,467	18	18,078	17,536
5	4,928	4,935	20	18,769	17,966
6	5,388	5,498	25	19,666	18,310
7	5,969	6,028	30	19,891	18,670
8	6,488	6,557	40	19,897	18,980
9	7,078	7,340	50	19,831	19,299
10	7,663	8,083	60	19,357	18,660
11	8,469	8,815	70	18,600	17,701
12	9,319	10,246	80	18,072	16,966
13	10,744	11,320	90	18,072	16,955

Man sieht aus dieser Tabelle, daß die Körpermasse fortwährend in dem Greisenalter sinkt, wenn auch in weniger bedeutendem Verhältniß, als sie während der Jugend zugenommen hat. Auch die Körperlänge nimmt in dem Greisenalter beständig ab, nachdem sie von dreißig bis fünfzig Jahren sich auf derselben Höhe erhalten hat.

Betrachtet man die geistige Entwickelung des mittleren Menschen, so zeigen sich übereinstimmende Resultate. Erst neuerlich bin ich von einem älteren Arzte darauf aufmerksam gemacht worden, daß in dem Greisenalter das Volumen des Schädels abnimmt, nicht allein, wie man glauben könnte, durch Vertrocknung der Kopfschwarte und Verminderung der Haare, sondern, wie Jener versicherte, durch wirkliche Verkleinerung des knöchernen Schädels. Kann es verwundern, wenn in Hinsicht der geistigen Produktionen dasselbe Verhältniß Statt findet und wenn das Sprichwort : vieux soldat, vieille bête — auch auf die übrigen Stände seine Anwendung finden muß? Man hat die Entwickelung des dramatischen Talentes dadurch klar zu machen gesucht, daß man die Produktionsjahre der Hauptwerke der englischen und französischen Bühne neben einander stellte und nach ihrem Werthe classificirte. Die besten Trauerspiele

fallen in die Lebensjahre zwischen 30 und 40; die besten Lustspiele zwischen die Jahre 40 und 55; eine Erscheinung, die sich leicht erklärt, wenn man bedenkt, daß zu den Tragödien mehr Pathos, Einbildungskraft, Leidenschaft und Sentimentalität; zu den Lustspielen dagegen größere Menschenkenntniß, längere Beobachtung, kritische Schärfe gehören. Die dramatischen Werke aber, welche nach dem 55. Lebensjahre in England und Frankreich producirt wurden, gehören meistens zu demjenigen Schunde, der der Aufbewahrung nicht werth ist, und verdanken ihre Erhaltung oft nur dem Namen, der durch frühere Leistungen berühmt geworden war. Man kann wohl auch, ohne in derselben Weise, wie Quetelet, genauere Untersuchungen über die deutschen Schriftsteller anzustellen, den Satz auf diese ausdehnen, und somit, auf statistische Gründe gestützt, manchem Dichter ein Halt zurufen. Auch in den übrigen Künsten und Wissenschaften findet man dasselbe Verhältniß wiederholt. Die philosophischen Systeme, welche mächtig in den Gang der Wissenschaften eingriffen, die gewaltigen Umwandlungen, welche von Einzelnen in Religion, Sitten und Gebräuchen hervorgebracht wurden, die großartigen Erfindungen und Verbesserungen, die in Künsten und Gewerben einen Umschwung hervorriefen, gehen alle von Männern aus, welche das Blüthenalter der körperlichen und geistigen Entwickelung nicht überschritten hatten. Die Thätigkeit des höheren Alters beschränkt sich bei den Bevorzugten auf Sammlung und Ausarbeitung der Entwürfe und der Gedanken, welche in dem jüngeren Alter zuerst gefaßt wurden, während sie bei dem minder Bevorzugten gänzlich zurücksinkt, oder selbst eine verderbliche Richtung einschlägt. So finden wir, daß Newton schon zu 24 Jahren die Differenzialrechnung erfand, im kräftigen Blüthenalter seine darauf basirten Untersuchungen fortsetzend die Theorie der Schwere feststellte, später aber nichtsnutzigen theologischen Kram schrieb, der jetzt längst vergessen ist und seine frühere Thätigkeit förmlich verdammte. Lagrange bearbeitete schon zu 18 Jahren die Variationsrechnung; Raphael hatte in dem

30. Jahre seine sämmtlichen Compositionen ausgearbeitet und Mozart in demselben Lebensalter seine trefflichsten Werke geliefert. Christus, Schelling und Feuerbach können als Beweise desselben Satzes in den philosophischen Wissenschaften, Alexander der Große und Napoleon in der Sphäre der Feldherren, Arkwright und Jaquard in derjenigen der Erfinder dienen. Ueberall begegnen wir demselben Gesetze: daß die geistige Produktionsfähigkeit mit der körperlichen erlischt und das höhere Alter demnach hinsichtlich seines Gehirnes eben so abnimmt, wie hinsichtlich seiner übrigen Körperorgane.

In Beziehung auf die Gesellschaft sind die wichtigsten Verhältnisse diejenigen, welche sich auf die Sterblichkeit beziehen. Wir führten schon an, daß in allen größeren Ländern mehr Knaben als Mädchen geboren werden, und daß im Mittel für Europa, so weit man die Bevölkerungslisten vergleichen konnte, 106 Knaben auf 100 Mädchen geboren werden. Eben so erwähnten wir schon, daß dies Verhältniß hauptsächlich in dem Altersunterschiede der Zeugenden begründet ist, und daß in denjenigen Staaten, wo klimatische oder staatliche Verhältnisse den Mann erst spät zum Heirathen kommen lassen, die Zahl der neugeborenen Knaben auch um so größer ausfällt; deshalb finden wir in Rußland nahezu 109 Knaben auf 100 Mädchen; in Frankreich, den Niederlanden, Oestreich und Preußen etwa die Mittelzahl, in Würtemberg und Rheinpreußen, namentlich aber in England, etwas unter der Mittelzahl, nämlich nur 104 bis 105 Knaben auf 100 Mädchen. Auch erklärt sich aus demselben Umstande die Erscheinung, daß in den legitimen Ehen, zu deren Schließung der Mann sich erst eine gewisse Stellung in der Gesellschaft erobert haben muß, das Uebergewicht der Knaben bedeutender ausfällt, als bei den unehelichen Geburten, zu welchen meistens die Liebe gleichalteriger Zeugenden zusammenwirkt. In dem ersten Jahre schon gleicht sich indeß das Mißverhältniß zwischen den beiden Geschlechtern aus, indem verhältnißmäßig mehr Knaben todtgeboren werden und auch eine

größere Verhältnißzahl männlicher Säuglinge im ersten Lebensjahre stirbt.

In dem ersten Lebensjahre ist die Sterblichkeit am Bedeutendsten. Der Uebergang aus dem fötalen Leben in das Säuglingsleben bedarf einer solchen Menge durchgreifender organischer Veränderungen, der Säugling selbst einer so großen Sorgfalt für die Erhaltung seiner sämmtlichen Funktionen, daß es nicht verwundern darf, wenn in den ersten Lebensmonaten in den civilisirten Gegenden etwa 1/3, in Rußland dagegen mehr als die Hälfte der Neugeborenen dahinstirbt. Hat der Säugling einmal das erste Lebensjahr überschritten, so sind die Gefahren, die ihm drohen, bei weitem verringert, und in einem Alter von 5 Jahren ist das Kind so weit gelangt, daß es am wenigsten ausgesetzt ist. Es ist demnach weit wahrscheinlicher, daß ein Kind von 5 Jahren noch mehr Jahre am Leben bleiben wird, als ein Neugeborenes, das diese kritische Periode noch nicht durchlebt hat. Untersucht man, wie viele Individuen von einer bestimmten Anzahl Geborener in einem gewissen Alter noch am Leben sind, so erhält man Zahlen, die man der Berechnung der wahrscheinlichen Lebensdauer zu Grunde legen kann, eine Berechnung, die besonders für Tontinen, Lebensversicherungsanstalten und ähnliche Unternehmungen von der größten Wichtigkeit ist. Wir geben hier eine Uebersicht der Anzahl von Individuen, welche von 10000 Geborenen zu gewissen Altern noch am Leben sind.

Alter in Jahren	Preußen nach Hoffmann (1826—1834)	Belgien nach Quetelet	Canton Bern nach Schneider
1	7506	7753	7782
10	5310	5826	6982
20	4852	5345	6559
30	4303	4676	6033
40	3748	4089	5446
50	3078	3479	4686
60	2264	2724	3680
70	1242	1702	2096
80	399	587	591
90	51	68	23

Außerordentlichen Einfluß auf die Sterblichkeitsverhältnisse haben die Nebenumstände, die auf äußeren Einwirkungen beruhen. Reichthum oder Armuth stehen hier in erster Linie, namentlich bei dem Kindesalter, das der sorgsamen Pflege bedarf. In Paris hat man bei Vergleichung der Todtenlisten aus den verschiedenen Stadtvierteln gefunden, daß in den wohlhabenden und reichen Quartieren auf 100 Todte 32 Kinder kamen, in den armen Stadtvierteln dagegen unter eben so viel Todten 59 Kinder sich befanden. In Berlin stellte sich das Verhältniß noch erschreckender heraus : — unter 100 Todten aus armen Familien waren 34 Kinder unter 5 Jahren, während für eben so viel Todte aus vornehmen und reichen Familien nicht ganz ein Kind von diesem Alter gerechnet werden konnte. Aber auch in späteren Lebensaltern macht sich der Einfluß der Armuth geltend, wenn auch in geringerem Grade, da man wohl sagen muß, daß derjenige Organismus, der durch die Gefahren der ersten fünf Jahre sich durchgekämpft hat, eine bedeutende Zähigkeit haben muß. Die ärmsten Stände in Paris, wie Lumpensammler, sterben 10 Jahre früher aus, als die Reichen, von 25—80 Jahren ist ihr Tribut an den Kirchhof verhältnißmäßig weit größer. Nur in demjenigen Lebensalter, wo der Reichthum die Vergeudung aller Jugendkräfte gestattet, ist auch die Sterblichkeit in den höheren Ständen derjenigen der Armen gleich. Der Arme, sagt ein neuerer Schriftsteller, verliert nicht nur viele Annehmlichkeiten, sondern auch eine Reihe von Jahren seines eigenen Lebens und desjenigen seiner Kinder. Der Fluch lastet auf ihm von Anfang bis zu Ende; die Sichel des Todes trifft ihn und seine Nachkommenschaft mit der vollen Schärfe, während die Reicheren nur wie durch Zufall erfaßt werden.

Der Beruf des Menschen, sein Stand und seine Beschäftigung üben den größten Einfluß auf die Dauer des Lebens aus. Diejenigen Stände, welche in eingeschlossenen Räumen oder in jedem Wind und Wetter draußen arbeiten müssen, die nur geringen Verdienst haben und deren Schlaf öfter gestört wird, haben eine geringere Lebensdauer, als diejenigen, bei welchen

weniger Sorge, weniger Arbeit und ungestörter Schlaf, nebst gemäßigtem und freiwilligem Aufenthalt im Freien vorhanden sind. Arbeitslosigkeit ist eine der ersten Bedingungen eines längeren Lebens, weshalb man denn auch in allen Ländern findet, daß die zum Faullenzerleben privilegirten Geistlichen die längste Lebensdauer besitzen, während die Aerzte, deren Nachtruhe häufig gestört wird, überall unter den studirten Ständen die kürzeste Lebensdauer haben. Riecke fand für die studirten Stände Würtembergs, daß katholische Geistliche am längsten leben; — nach ihnen unmittelbar folgen die evangelischen Geistlichen, dann die Staatsdiener, bei welchen freilich die Waagschale für die höheren Stellen günstiger ausfällt, als für die Subalternbeamten. Hierauf kommen die Forstbeamten, dann die mit Stunden überhäuften und schlecht bezahlten Schullehrer und endlich die Aerzte, welche die kürzeste Lebensdauer zeigen. Lombard in Genf zog aus den Todtenregistern von 1796—1830 sämmtliche über 16 Jahr alt Verstorbenen aus und ordnete sie nach den verschiedenen Ständen. Die mittlere Lebensdauer der 8488 Individuen, die er auf diese Weise seiner Berechnung unterzog, betrug 55 Jahre. Ueber diese Mittelzahl hinaus lebten folgende Stände: Zimmerleute, Gerber, Maurer und Uhrmacher 55 Jahre und ein Bruchtheil; Schenkwirthe 56 Jahre; Perückenmacher 57 Jahre; Holzhauer, Kaufleute, Gerichtsdiener und Gießer 59 Jahre; Gärtner und Weber 60 Jahre; Goldarbeiter und Subalternbeamte über 61½ Jahre; Großhändler 62 Jahre; reformirte Geistliche 64 Jahre; Capitalisten 66 Jahre; die höheren Beamten und Syndics der Republik sogar 69 Jahre; woraus man nach den oben festgestellten Grundsätzen über die geistige Entwickelung vielleicht den Schluß ziehen dürfte: daß Genf in der erwähnten Zeit nicht mit außergewöhnlicher Einsicht regiert wurde. Unter der mittleren Lebensdauer von 55 Jahren blieben Bettmacher, Bauern, Graveure, Hufschmiede, Drucker, Schuster, Schneider, Böttger und Aerzte, die höchstens 54 Jahre lebten; Fleischer 53 Jahre; Taglöhner, Uhrgehäusmacher und Kattundrucker 52 Jahre; Fuhrleute und Schreiber 51 Jahre; Bäcker,

Schreiner, Bijoutiers und Schiffer 49 Jahre; Emailleurs 48 Jahre; Schlosser 47 Jahre; Lackirer 44 Jahre. Bei vielen dieser Gewerbe ist es die Noth, der unzureichende Lebensunterhalt, bei anderen die Schädlichkeit des Gewerbes selbst, bei dem Metalldünste oder sonstige schädliche Substanzen eingeathmet werden, was die mittlere Lebensdauer auf diese Weise herabdrückt.

Die Anhäufung der Menschen in größeren Centralpunkten, wie z. B. in volkreichen Städten, häuft eine Menge von Sterblichkeitsursachen, die auf dem Lande nicht existiren. Jedermann weiß, welchen schädlichen Einfluß das Zusammendrängen in engen Wohnungen ohne Luft und Licht, das Genießen verfälschter, verdorbener Nahrung und eine Menge andere Dinge haben, die auf dem Lande entweder nicht vorhanden sind, oder durch ihre Zerstreuung keine wesentliche Wirkung üben können. Auch hier stellt sich die größere Schädlichkeit in den früheren Lebensjahren heraus, so daß das spätere Lebensalter sogar vortheilhaftere Bedingungen in den Städten findet. Am Verderblichsten ist die Anhäufung größerer Fabriken, wie man daraus ersehen kann, daß in Mühlhausen in den Jahren 1823 — 1834 die wahrscheinliche Lebensdauer der Neugeborenen nur 7 ½ Jahr betrug, während sie für das ganze Departement des Oberrheins zwar auch noch, der vielen Fabrikorte wegen, sehr ungünstig ausfiel, aber doch durch die Beimischung einer größeren Landbevölkerung bis auf 13 ½ Jahr stieg. Und so können wir denn wohl als Resultat unserer ganzen Untersuchung bezeichnen: daß überall, wo größere Anhäufung und Mangel der materiellen Bedürfnisse und angestrengte Arbeit zusammenwirken, die ungünstigsten Bedingungen für die Fortdauer des Lebens hergestellt werden, während Wohlhabenheit, Befriedigung der Bedürfnisse, mehr zerstreutes Wohnen und Faullenzerei das Leben möglichst verlängern. Merkwürdig ist es allerdings, daß gerade die Arbeit, welche die Bedingung des Fortschrittes der Menschheit ist, darum auch wieder den Keim zu ihrem Verderben in sich trägt. Auf der anderen Seite aber dürfen wir es als einen Beweis des Fort

schrittes unserer Zeit ansehen, daß in der That die mittlere Lebensdauer in denjenigen Ländern, welche man genauer untersuchen konnte, in den letzten 50 Jahren bedeutend zugenommen hat, so daß man wohl sagen darf, daß die Anstrengungen, die man in dieser Richtung gemacht hat, von günstigem Erfolge gekrönt sind.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier noch alle diejenigen Ursachen, die auf das Sterblichkeitsverhältniß Einfluß haben können, wie klimatische Verhältnisse, Noth-, Hunger- und Kriegsjahre, Pest und Seuchen näher in das Auge fassen; — nur das sei uns noch erlaubt hervorzuheben, daß gerade das Unvermeidliche, der Tod, am meisten durch den Willen und die Anstrengungen der Gesellschaft in seinen Resultaten modificirt werden kann, und daß keine Größe der statistischen Physiologie so schwankend und veränderlich, so sehr von äußeren Ursachen, staatlichen und gesellschaftlichen Umständen abhängig ist, als gerade die mittlere Lebensdauer.

Ganz anders verhält es sich, sobald wir die Entwickelung der geistigen Zustände in der Gesellschaft in das Auge fassen. Hier, wo man glauben sollte, daß Alles in den weitesten Gränzen fluctuiren müßte, ziehen sich diese im Gegentheile so enge zusammen, daß es kaum möglich ist, Schwankungen zu constatiren. Quetelet hat in Belgien Untersuchungen über die Resultate der Schulprüfungen angestellt. Während 20 Jahren war es fast immer dieselbe Commission, die mit geringen Personalabänderungen die Prüfungen beurtheilte und die erhaltenen Resultate durch angenommene Zahlen bezeichnete. Die Mittelzahl aus diesen Zahlen giebt einen numerischen Ausdruck für das Wissen des geprüften Individuums und läßt sich mit dem Ausdrucke anderer Individuen vergleichen. Die Mittelzahl aus allen Schülern genommen, ergiebt einen Ausdruck für den Studienwerth im Ganzen, der mit dem anderer Jahre verglichen werden kann. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Einfluß der Professoren auf den Mittelwerth der Leistungen der Schüler ziemlich unbedeutend ist, und daß im Durchschnitt dieser Mittel-

werth in den verschiedenen Jahren nur in sehr engen Grenzen variirt.

Das Heirathen erscheint unter den Handlungen, welche den Staat interessiren, als diejenige, welche am meisten von dem freien Willen abhängt; und man sollte glauben, daß die jährliche Zahl der Heirathen in einem bestimmten Lande je nach den Zeitverhältnissen außerordentlich verschieden sein müsse. Gerade das Gegentheil findet Statt. Die Zahl der Todesfälle in Belgien z. B. ist bei weitem nicht so constant, als diejenige der Heirathen. Im Verhältnisse zu der Volkszahl ist diese letztere Zahl genau dieselbe geblieben während 20 auf einander folgenden Jahren. Der Belgier zahlt seinen Tribut regelmäßiger an die Mairie, als an den Todtengräber. Und nicht nur im Allgemeinen hat diese Zahl ihre constante Größe behalten, sondern auch im Verhältniß zum Alter ist sie dieselbe geblieben, und ebenso ist das Verhältniß der Heirathen zwischen Junggesellen und Jungfrauen, Junggesellen und Wittwen, Wittwern und Jungfrauen, Wittwern und Wittwen durchaus dasselbe geblieben. Hätte man gesetzliche Bestimmungen getroffen, wonach nur eine bestimmte Anzahl von Heirathen und nur eine bestimmte Zahl für ein bestimmtes Alter Statt finden sollte: diese Bestimmungen könnten nicht besser eingehalten werden, als jetzt, wo die Heirath ganz in dem freien Willen und der freien Uebereinkunft der Einzelnen begründet ist. Dieselbe Gesetzmäßigkeit wiederholt sich in Hinsicht der Verbrechen, der Verstümmelungen, welche sich die Rekruten beibringen, um dem Kriegsdienste zu entgehen, hinsichtlich der Briefbesorgung, indem alljährlich eine bestimmte Anzahl offener Briefe, mit unleserlichen Adressen oder ganz ohne Adresse auf die Post geworfen werden. Alle diese scheinbar so zufälligen oder dem freien Willen des Einzelnen unterworfenen Handlungen haben ihre gesetzmäßige Regelung und ihre bestimmte Verhältnißzahl zu der Gesellschaft, und man darf deshalb gewiß behaupten: daß der freie Wille wohl für den einzelnen, nicht aber für die Gesellschaft, die Nation, die ganze Menschheit besteht, die nach genau normirten Gesetzen in absoluter Nothwendigkeit sich fort

bewegt. Diese Gesetze, sowie sie einerseits die individuellen Handlungen beherrschen und ihnen ihren Stempel aufdrücken, werden doch anderseits wieder durch die äußeren Verhältnisse und durch die eigenthümliche Organisation der Völker bedingt. So heirathet der Wallone im Durchschnitt zwei Jahre früher, als der Flamänder, und die verwittweten Personen verheirathen sich häufiger bei dem ersteren Volk wieder, als bei dem letzteren. So erreicht der Trieb zum Verbrechen seine größte Höhe in Frankreich im 24., in England im 25., in Belgien im 26. Jahre, während die einzelnen Verbrechen ihr Maximum nach dem Alter der Verbrecher in folgender Ordnung erreichen: Diebstahl, Nothzucht, Schläge und Wunden, culposer Todtschlag, Mord, Vergiftung, endlich Fälschung. Man sieht demnach, daß die gewaltsamen Verbrechen mehr in jüngeren Jahren, die mit gewisser List verbundenen im höheren Lebensalter vorkommen. Auch für den Selbstmord existiren ähnliche Gesetze. Die Neigung dazu entwickelt sich von Kindheit an, nimmt bedeutend im Erwachsenen zu, und wächst beständig, aber langsam, bis zu dem höchsten Greisenalter.

Wir sind am Schlusse unserer Darstellung angelangt, die nur lückenhaft sein konnte auf so weitem Felde, das ohnedem nur mit Unterbrechungen angebaut ist. Möge es gelungen sein, klare Einsicht in oft verwickelte Vorgänge verschafft und Licht, wenn auch nur Streiflicht, über die Natur des Menschen, seine Organisation und seine Funktionen geworfen zu haben. „Ich habe mich lange Zeit mit dem Studium der abstrakten Wissenschaften beschäftigt,“ sagte Pascal. „Daß ich so wenig Leute fand, mit denen ich mich darüber unterhalten konnte, war mir befremdend. Als ich das Studium des Menschen begann, sah ich, daß die abstrakten Wissenschaften dem Menschen entfernter liegen und daß ich bei ihrer Verfolgung mehr von meiner ursprünglichen Natur abkam, als Diejenigen, welche

diesen Wissenschaften fremd blieben. Ich vergab ihnen. Ich glaubte wenigstens bei dem Studium des Menschen Gefährten zu finden, weil diese Wissenschaft ja den Menschen selbst betrifft. Ich irrte mich. Es giebt noch viel weniger Menschen, welche den Menschen studiren, als Solche, welche Mathematik treiben.«

Möge uns dieser Vorwurf stets weniger gemacht werden können.

Druck von Wilhelm Keller in Gießen.









